Unterſuchungen über die Kalkempfindlichkeit der Lupine und ihre Bekämpfung.

Inaugural-Dissertation

zur

zur Erlangung der Doktorwürde

einer hohen philoſophiſchen Fakultät
der Georg-Auguſt-Univerſität zu Göttingen

vorgelegt von

Bodo Creydt
aus Harſte bei Göttingen.

ACAD
LUGD. BAT.
BIBL.

Göttingen 1914
Druck von Ernſt Hofer, Göttingen.

Als Dissertation angenommen
von der math.-naturwissenschaftlichen Abteilung.

Tag der mündlichen Prüfung: 24. August 1914.
Referent: Herr Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. C. von Seelhorst.

Meinem hochverehrten Lehrer
Herrn Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. C. v. Seelhorſt.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548110_0101

Die Lupine nimmt unter unseren Leguminosen insofern eine Sonderſtellung ein, als ihr Gedeihen von dem Kalkgehalt des Bodens, auf dem sie gebaut iſt, in anderer Weise beeinflußt wird, als das der meiſten anderen Leguminosen. Während faſt alle diese ein gewisses Kalkbedürfnis besitzen und auf kalkarmen Böden für eine leichte Kalkung meiſt dankbar sind, gedeiht die Lupine auf solchen kalkarmen Böden gerade am beſten und zeigt sich gegenüber größeren Kalkmengen im Boden oft recht empfindlich.

Diese Tatsache iſt an sich nicht mehr ganz neu. Denn schon die Römer, welche die Lupine, vor allem ihren Wert als Gründüngungspflanze kannten, wußten, daß sie auf kalkhaltigem Boden nicht gedieh. Die römischen Schriftſteller Theophraſtus, Marcus Portius Cato Censorius und besonders Columella besprechen die Lupine in ihren Werken über Landwirtschaft sehr ausführlich und lehren; [1]) „Die Lupine gedeihe ohne Dünger auf entkräftetem Boden, sowohl auf rotem Ton, wie auf grob- und feinkörnigem, zumal eisenschüssigem Sande, während Kalkboden ihr nicht zusage."

Es hat sich jedoch in neuerer Zeit gezeigt, daß diese Kalkempfindlichkeit, die der Lupine ganz allgemein nachgesagt wird, nicht bei allen uns jetzt bekannten Arten die gleiche iſt, sondern daß sie sich hierin teilweise recht deutlich voneinander unterscheiden. Für uns, speziell in Deutschland, kommen zum Anbau als landwirtschaftliche Kulturpflanzen im allgemeinen nur zwei Hauptarten in Betracht: Lupinus luteus, die gelbe; lupinus angutifolius, die schmalblättrige, in zwei Varietäten, blau und weiß blühend. Lupinus albus, die weiße Lupine, wird nur hier und da angebaut.

---

1) Zitat nach Kette-Koenig „Die Lupine", 9. Aufl. S. 4. Berlin.

Zur Prüfung der Kalkempfindlichkeit speziell dieser und auch anderer Arten sind bereits eine ganze Reihe vergleichender Anbauversuche, teils im freien Lande, teils in Vegetationsgefäßen, auf den verschiedenſten Böden gemacht worden, die aber faſt alle ziemlich übereinſtimmend bisher nur die mehr oder minder große Kalkempfindlichkeit der einzelnen Arten gezeigt haben.

Die Frage, worauf diese ſtarke Abneigung der Lupine gegen den Kalk zurückzuführen iſt, hat bis jetzt noch keine ausreichende Antwort gefunden. Die wenigen Versuche, die zur Zeit hierüber vorliegen, kommen lediglich zu dem Resultat, daß die Lupine durch mehr oder minder großen Kalkgehalt des Bodens, wozu man den Kalk auch in verschiedenen Verbindungen zur Prüfung herangezogen hat, mehr oder weniger ſtark geſchädigt wird. Zur Klärung der Urſachen dieser Erſcheinung geht man zur Zeit nur gewissen Vermutungen nach, die aber bis jetzt noch keine genügend sichere Beſtätigung gefunden haben.

Daß jede Pflanze den Kalk zu ihrem Aufbau unbedingt nötig hat, ſteht wissenſchaftlich feſt, und, daß die sogenannten kalkfeindlichen Pflanzen hiervon keine Ausnahme machen, ebenso. Hierüber äußert sich Jost [1]) bei Beſprechung der Urſachen, weshalb gewisse Pflanzen auf kalkreichen, andere auf kalkarmen Böden lieber wachsen, folgendermaßen: „Beide Vorkommnisse ſtehen offenbar nicht in direkten Beziehungen zu den Bedürfnissen, die diese Pflanzen an dem Element Ca als Nährſtoff haben. Denn es iſt durchaus nicht wahrscheinlich, daß die gewöhnlichen Sandböden so arm an Ca sind, daß nicht alle Pflanzen die Mengen, die sie davon brauchen, ihnen entnehmen könnten. Andererseits bedürfen offenbar auch die sogenannten kalkfeindlichen Pflanzen das Ca gerade so notwendig als die kalkliebenden."

Die Lupine hat aber infolge ihrer ſtarken Wurzelsäureausscheidungen ein großes Aufſchließungs- und Aufnahmevermögen, wie für alle anderen Nährsalze, so auch für den Kalk und kann deshalb auch auf einem relativ kalkarmen Boden ihr Kalkbedürfnis befriedigen. Dies geht daraus hervor, daß sich, selbſt auf einem ganz kalkarmen Boden in ihrer Pflanzenasche gegenüber anderen

1) Vorlesungen über Pflanzenphysiologie, 2. Aufl. Jena 1908, S. 110.

kalkliebenden Leguminosen ein verhältnismäßig hoher Prozentgekalt an Kalk vorfindet, eine Tatsache, die eigentlich ganz im Widerspruch zu dem sonstigen Verhalten der Pflanze zu stehen scheint. Findet die Lupine nun aber größere Kalkmengen, zumal in leicht löslicher Form im Boden vor, so ist sie naturgemäß gezwungen, Kalk in überreichem Maße aufzunehmen. Dies betont schon Sprengel [1]) von der weißen Lupine (lupinus albus), der sogenannten Wolfsbohne, er schreibt: „So gut sie nun auch auf lehmigen, sandigen, humusreichen und tonigen Bodenarten gedeiht, so wenig will sie doch auf den mergeligen oder gar kalkigen Böden fort, ja, sie wächst hier gar nicht, wovon der Grund sein dürfte, daß sie daselbst gezwungen ist, über ihr Bedürfnis Kalk- und Talkerde aufzunehmen, indem ihre Wurzeln eine Säure ausscheiden, die beiden Erden eine große Auflöslichkeit im Wasser erteilt."

Wie erklärt sich nun die schädigende Wirkung des Kalkes?

Zunächst glaubte man aus vorliegenden Erscheinungen heraus auf eine direkte Giftwirkung des Kalkes gegenüber der Lupine schließen zu müssen. Dieser Annahme würde jedoch der Umstand stark widersprechen, daß nicht alle Kalkverbindungen die gleiche schädigende Eigenschaft besitzen, wie es sich bei den später noch ausführlich zu besprechenden Versuchen von Heinrich-Rostock [2]) sehr deutlich gezeigt hat. Hier war bei dem schwefelsauren Kalk (Gips), im Gegensatz zu der starken Schädigung durch kohlensauren Kalk, kaum eine Schädigung wahrzunehmen, trotzdem jener im Wasser viel leichter löslich ist wie dieser, und durch ihn deshalb eigentlich eine viel stärkere Schädigung zu erwarten gewesen wäre. Es scheint vielmehr — was auch Jost betont — sich hierbei überhaupt um ganz andere Wirkungen, mehr sekundärer Natur, als um direkte Giftwirkungen zu handeln. Es geht dies aus einer Reihe von Beobachtungen hervor, welche zur Klärung dieser Fragen nicht unwesentlich beigetragen haben.

---

1) Lehre von Dünger, Leipzig 1839, S. 258.
2) Heinrich, Mergel und Mergeln, 2. Aufl, S. 50.

So liegt einerseits die Möglichkeit vor, daß durch die übermäßige Kalkaufnahme die Aufnahme der übrigen für das Pflanzenwachstum unbedingt erforderlichen Nährstoffe behindert und dadurch die Pflanzen durch Mangel an diesen in ihrer Entwicklung beeinträchtigt werden. Dies bestätigen die Beobachtungen Eulers [1]) und anderer Forscher. Es handelt sich bei ihnen allerdings nicht um Lupinen, sondern um Bäume, welche sich gleich diesen empfindlich gegen den Kalk gezeigt haben. Euler berichtet hierüber selbst: „Kalkscheue Bäume sammeln bereits auf kieselreichem Boden verhältnismäßig große Kalkmengen an; auf kalkreichem Boden macht sich dann ihre Unfähigkeit, eine starke Kalkaufnahme zu verhindern, geltend und beeinträchtigt nach dem Gesetz der Massenwirkung die Absorption der übrigen notwendigen Metalle, besonders des Kaliums und des Eisens. Solche Arten werden auf Kalkböden chlorotisch (Roux 1900) und zeigen zuweilen einen ungewöhnlichen niedrigen und unzureichenden Kaliumgehalt (Fliche und Grandeau. Ann. Chim. Phys. 1873). Wo ausnahmsweise kalkscheue Bäume, wie die Kastanie, auf kalkreichen Stellen gedeihen, fand Arnold Engler (1901 in der Schweiz) den Erdboden außergewöhnlich kaliumreich." Inwieweit die Beobachtungen Eulers auch auf das Verhalten der Lupine ausgedehnt werden können, und welche besondere Bedeutung speziell das Kalium für dieselbe besitzt, darauf soll an späterer Stelle ausführlicher eingegangen werden.

Im Gegensatz zu der Ansicht Eulers, daß infolge zu starker Kalkaufnahme die Absorption der übrigen Nährsalze beeinträchtigt wird, erklärt Jost [2]) diese mangelhafte Absorption anderer Nährstoffe durch die Abstumpfung der Wurzelsäure durch den Kalk, er sagt: „Es wäre denkbar, daß die Verminderung der Kalizufuhr einfach dadurch zustande kommt, daß der kohlensaure Kalk die sauren Wurzelausscheidungen rasch neutralisiert und so die aufschließende Wirkung derselben auf die schwer löslichen Gesteine aufhebt." Einen ähnlichen Standpunkt vertritt auch Kunze, [3]) den er an Hand seiner „Untersuchungen über die Säu-

1) Grundlagen und Ergebnisse der Pflanzenchemie, Braunschweig 1909, Bd. 2, S. 153.

2) Jost, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie, Jena 1908, S. 111.

3) Jahrbuch für wissenschaftl. Botanik, Bd. 42 1906, S. 378.

reausscheidung von Wurzeln und Pilzhyphen und deren Bedeutung" noch dahin erweitern zu dürfen glaubt, daß schon allein durch die Neutralisation der Wurzelsäure die Pflanze in ihrem Wachstum schädlich beeinflußt wird. Er äußert sich hierüber: „Lupinus ist in der Mehrzahl seiner Arten kalkfliehend und dies läßt sich vielleicht damit erklären, daß in einem an kohlensaurem Kalk reichen Boden fortwährende Neutralisation der Säure eintritt, was schließlich zu einer Erschöpfung der Pflanze führen kann." Mit der Ansicht dieser beiden Forscher kommt ein ganz neues Moment in die Sache, dessen Bedeutung für die Klärung der vorliegenden Erscheinungen nicht von der Hand zu weisen ist.

In Übereinstimmung mit den vorliegenden Ansichten kommt auch Pfeiffer-Breslau bei seinen Versuchen über die „Kalkfeindlichkeit der Lupine" zu dem Schluß: „Die Lupine ist unzweifelhaft besonders alkaliempfindlich, was für eine schädliche Wirkung der Säurebindung spricht, und muß daher auch die Kalkfeindlichkeit, wenigstens zum Teil, auf Neutralisationsvorgänge der Wurzelsäuren durch Calciumcarbonat zurückgeführt werden. Wir nehmen ferner an, daß es sich hierbei nicht nur um eine indirekte Wirkung, eine Verminderung des Wurzelaufschließungsvermögens handelt, sondern daß die Lupine auch direkt von einem selbst sehr schwach alkalisch reagierenden Nährmedium geschädigt wird."[1]) Die Frage, ob diese Vorgänge jedoch auf allgemeine Alkaliwirkungen oder spezielle Kalkwirkungen zurückzuführen sind, wird im späteren noch näher zu erörtern sein.

Schon an dieser Stelle sei auf eine Beobachtung hingewiesen, die Verfasser bei seinen Versuchen über die Kalkempfindlichkeit der Lupine gemacht hat und auf Grund deren er einen Hinweis auf eine weitere Erklärung der vorbesprochenen Erscheinung glaubt geben zu können.

Diese Erklärung liegt allerdings insofern in einer ganz anderen Richtung gegenüber den vorher erwähnten, als sie nicht wie diese eine schädigende Wirkung des Kalkes auf die Lupinenpflanzen selbst, sondern auf ihre Knöllchenbakterien, resp. auf deren Verhältnis zur Pflanze, annimmt. Der Grund hierfür ist folgender.

1) Mittlg. des landw. Institut Breslau, Bd. VI. 1913. P. Parey. S. 307.

Verfasser fand bei der Ernte des Hauptversuches — über dessen Zweck und Resultat später berichtet werden soll —, daß trotz völlig gleichmäßiger Impfung des Bodens mit steigendem Kalkgehalt desselben die Knöllchenbildung an den Wurzeln der Lupinen abnahm, in den meisten Versuchsreihen bei höchster Kalkgabe sogar vollkommen unterblieben war. Dies ließ sich überall dort feststellen, wo eine stärkere direkte Schädigung der Pflanzen durch den Kalk stattgefunden hatte. Auf Grund dieser Erscheinung kam Verfasser zu der Vermutung, daß nicht nur die Pflanzen allein, sondern neben ihnen auch die Bakterien unter dem schädigenden Einfluß des Kalkes zu leiden gehabt hatten, vielleicht bei sehr hohem Kalkgehalt des Bodens sogar getötet sein konnten. Dadurch könnte sehr wohl eine Störung in der Entwicklung der Pflanzen hervorgerufen sein. Zur Prüfung dieser Erscheinung hat Verfasser einen besonderen Versuch angestellt, der im Anschluß an die Besprechung des Hauptversuches näher erörtert werden soll.

Welche dieser verschiedenen Annahmen — denn als solche können sie vorläufig nur bezeichnet werden — nun für die Erklärung der Kalkempfindlichkeit der Lupine als richtig anzunehmen ist, oder ob die in diesen Annahmen gekennzeichneten Vorgänge, die sich leider der Möglichkeit einer getrennten Prüfung entziehen, vereint wirken und damit alle für die verursachten Schädigungen verantwortlich zu machen sind, darüber läßt sich vorläufig ein sicheres Urteil noch nicht bilden. Sie können uns nur dazu dienen, die im weiteren zu besprechenden Erscheinungen und das durch den später zu erläuternden Versuch erhaltene Resultat erklären helfen.

Wie läßt sich die Kalkempfindlichkeit der Lupine bekämpfen?

Diese Frage gab neben der ersten Anlaß zu einer Reihe von weiteren Untersuchungen. Als erster, der an die Lösung dieser Aufgabe mit Erfolg herangetreten ist, dürfte Schulz-Lupitz zu nennen sein. Bei seinen umfangreichen Versuchen auf dem Gebiete der Gründüngung, speziell über die Anwendung der Lupinen zu solcher, hatte er gefunden, daß eine Düngung der Lupinen mit Kalisalzen (Kainit) von sehr günstigem Einfluß auf ihr

Wachstum war. Weiter stellte er dann fest, daß auch auf stark gemergelten Sandflächen, auf welchen die Lupinen infolge des höheren Kalkgehaltes anfangs nicht wachsen wollten, durch Kalidüngung die bisher in Erscheinung getretene Schädigung wesentlich abgeschwächt wurde

Dieses Resultat benutzte erst lange Zeit später Heinrich-Rostock [1]) (1895) als Grundlage zu einem größeren Vegetationsversuch, den er im Anhang seines Buches „Mergel und Mergeln" unter der Überschrift „Kalk und Lupine" ausführlich bespricht. Heinrich äußert sich hier über die Kalidüngung zu Lupinen folgendermaßen: „Die Kalidüngung hat sich, wie späterhin vielseitige, praktische Erfahrungen gelehrt haben, als eine wirklich „spezifische" Düngung für die Lupine bestätigt; durch keine andere Düngung ist man imstande, das Wachstum der Lupine so zu steigern, wie durch Kalidüngung, und selbst auf Bodenarten, auf welchen die Kalidüngung zu keiner anderen Kulturpflanze eine Wirkung zeigt, bringt sie, wie der Verfasser aus mehrjährigen, sorgfältigen Versuchen bestätigen kann, noch eine wesentliche Wirkung hervor. In welcher Weise aber die Kalidüngung die schädliche Wirkung der Kalkdüngung für die Lupine aufheben soll, und ob diese Annahme überhaupt begründet ist, darüber hat man bisher noch keine Sicherheit gewonnen."

Die Versuche Heinrichs gingen darauf hinaus, einmal den Kalk — wie schon erwähnt — in seinen verschiedenen Verbindungen und bei steigendem Prozentgehalt im Boden auf seine schädigende Wirkung zu prüfen. Andererseits suchten sie festzustellen, ob sich diese Schädigung durch irgendwelche Beidüngung, in diesem Falle durch Kainit oder Salpeter, bezw. durch beide zusammen, beseitigen ließe. Der Versuch ergab in seinem ersten Teile, daß die einzelnen Kalkverbindungen bis auf den schwefelsauren Kalk (Gips) ziemlich übereinstimmend eine starke Schädigung, besonders bei höherem Prozentgehalt im Boden, auf die Lupine herbeiführten. Weiterhin aber, daß durch den Zusatz, besonders von Kainit, weniger durch Salpeter, die Schädigung durch den Kalk gemildert, und das Wachstum der Lupi-

1) Heinrich, Mergel und Mergeln, 2. Aufl. S. 50.

nen erheblich gefördert wurde. Allerdings erreichten die hierdurch hervorgerufenen Ernteſteigerungen die auf kalkfreiem Boden erzielten Erträge nicht. Heinrich kommt infolgedessen zu dem Schluß: „Die schädliche Wirkung, welche der kohlensaure Kalk auf das Wachstum der Lupine ausübt, kann weder durch Kainit, noch durch Salpeter, noch durch beide zugleich aufgehoben werden, die genannten Düngeſtoffe mildern aber in mäßigem Grade die schädliche Wirkung des kohlensauren Kalkes."

Auch von einigen anderen Seiten, besonders aus der Praxis, wird über günſtige Resultate bei Anwendung von Kalidüngung zu Lupinen berichtet und speziell über ihre auf kalkhaltigen Bodenarten erzielten Erfolge.

So machte v. Seelhorſt,[1]) dessen Anregung vorliegende Arbeit ihre Entſtehung verdankt, im Jahre 1895 in Jena einen Düngungsversuch mit Kainit zu Lupinen auf dem schweren, kalkhaltigen Lehmboden des Jenaer Versuchsfeldes, auf welchem bis dahin die Lupinen nicht hatten gedeihen wollen. Die Feldabteilung, 3,14 ar groß, wurde mit 2 Ztr. Kainit gedüngt und mit Lupinenerde geimpft. Der Erfolg war ein sehr guter. Alle drei angebauten Sorten entwickelten sich gut, am beſten die blauen, dann die weißen, am wenigſten die gelben Lupinen.

Da bisher jedoch keine exakteren Versuche, die einen näheren Aufschluß über die Ursache der Kalkfeindlichkeit der Lupinen liefern könnten, vorliegen, so war es von Interesse, zu versuchen, durch Anſtellung weiterer Versuche zur Klärung und Lösung dieser Fragen beizutragen. Dies mußte umsomehr von Bedeutung sein, als die allgemein beobachtete günſtige Kaliwirkung neuerdings von anderer Seite angezweifelt, und dadurch die Richtigkeit der bisher gewonnenen Resultate in Frage geſtellt wurde.

Pfeiffer-Breslau[2]) vertritt in seinen in neuſter Zeit über die Kalkempfindlichkeit der Lupine gemachten Arbeiten — wie an früherer Stelle schon angedeutet — die Ansicht, daß die Lupine durch alkalisch reagierende Nährlösungen spezifisch ungünſtig beeinflußt wird, und glaubt auf Grund dieser Beobachtung, die

1) Bericht der landwirtschaftlichen Versuchsſtation Jena 1895.
2) Mitteilungen des landw. Inſtitut Breslau, Bd. 6, 1911 S. 273 ff.

Kalkempfindlichkeit der Lupine auf eine allgemeine Alkaliempfindlichkeit zurückführen zu dürfen. Diese Ansicht würde, wenn sie sich als richtig erweiſt, allerdings die früheren Beobachtungen nach welchen nur eine spezifische Kalkempfindlichkeit der Lupine anzunehmen war, in ein ganz neues Licht rücken.

Der Versuch Pfeiffers, [1]) welcher eine allgemeine Alkaliempfindlichkeit der Lupine nachweisen soll, iſt aber meines Erachtens nicht geeignet, einer Erklärung der Kalkempfindlichkeit zu dienen, da derselbe auf Grundbedingungen aufgebaut iſt, die die Möglichkeit einer Lösung speziell dieser Frage ausschließen. Um die gegen die Pfeiffersche Ansicht sprechenden Gründe klarlegen zu können, iſt der Versuch in seiner Anordnung und mit seinen Resultaten in nachfolgender Tabelle eingeschaltet.

In Lösung				
K_2O gr.	$KHSO_4$ ccm	K_2OO_3 ccm	Reaktion der Lösungen	Mittl. Ertrag v. 3 Gef. i. gr.
1,0	100	—	sauer	38,3
	75	25	schwach sauer	20,5
	50	50	schwach alkalisch	25,8
	25	75	ſtärker alkalisch	22,1
	—	100	alkalisch	21,9
2,0	200	—	sauer	50,3
	150	50	schwach sauer	38,5
	100	100	schwach alkalisch	40,4
	50	150	stärker alkalisch	28,5
	—	200	alkalisch	22,1

Als Grunddüngung des Versuches wird angegeben:
2 gr Stickstoff in Form von Blutmehl,
2 gr Phosphorsäure in Form von Dicalciumphosphat,
0,3 gr Na_2SO_4.
0,3 gr $MgCl_2$

Bei dieser Anordnung des Versuches kann lediglich nur die Frage beantwortet werden: wirkt Kalium auf die Entwicklung

1) Mitteilungen des landw. Inſtitut Breslau, Bd. 6, 1911 S. 298 ff.

der Lupine günstiger in alkalisch oder sauer reagierender Zusammensetzung? Der Kalk ist hierbei jedoch völlig unberücksichtigt geblieben. Denn die geringe Menge an Kalk, welche in dem Dicalciumphosphat der Grunddüngung gegeben ist, kann — was Versuchsanstelter selbst betont — keinen bemerkenswerten Einfluß auf das Resultat ausgeübt haben.

Schon an dieser Stelle sei darauf hingewiesen, daß Versuche die Verfasser in dieser Richtung angestellt hat, bei denen der Kalk als Hauptfaktor mit einbegriffen ist, gerade das Gegenteil der Pfeifferschen Versuche dargetan haben. Der Kalk scheint demnach eine spezifische Wirksamkeit zu haben, was zur Erklärung der Kalkempfindlichkeit der Lupine naturgemäß nicht außer Acht gelassen werden darf.

Betrachten wir die beiden Versuchsreihen des Pfeifferschen Versuches zunächst getrennt und vergleichen die Ernteresultate in einer jeden untereinander, so müssen wir allerdings in Übereinstimmung mit dem Versuchsanstelter sagen, daß die saure Düngung in jedem Fall eine Ernteteigerung, resp. die alkalische Düngung eine Verminderung der Ernte herbeigeführt zu haben scheint.

Stellen wir jedoch die Resultate beider Reihen einander gegenüber, so sehen wir, daß bei der höheren Kaligabe gegenüber der schwächeren in fast allen Reaktionsstufen eine Erhöhung der Ernte eingetreten ist. Diese ist in erster Linie zweifellos auf eine günstigere Wirkung der höheren Kaligabe zurückzuführen. Pfeiffer bemerkt hierzu: „Es fällt zunächst auf, daß die doppelte Kaligabe nur in den drei ersten Fällen bis einschließlich zur schwach alkalischen Reaktion der Differenzdüngung eine deutliche Ernteteigerung zu bewirken vermocht hat, während in den anderen Fällen von einer solchen kaum oder gar nicht mehr die Rede sein kann. Das spricht bereits für die schädliche Eigenschaft der alkalischen Reaktion, die bei der höheren Kaligabe stärker zur Geltung gekommen ist."

Verfasser kann sich jedoch dieser Ansicht nicht anschließen! Seiner Meinung nach hätte vielmehr die höhere Kaligabe, wenn diese wirklich eine schädigende Eigenschaft besitzt, sich schon vom Eintritt der alkalischen Reaktion ab stärker bemerk-

bar machen müssen. Außerdem fällt es auf, daß bei der schwach alkalischen Reaktion gegenüber der schwach sauren Reaktion in beiden Versuchsreihen eine Steigerung der Erträge zu verzeichnen ist, was mit der ganzen Ansicht Pfeiffers durchaus nicht im Einklang zu stehen scheint.

Ein Beweis für die schädliche Wirkung der alkalischen Reaktion der Nährlösung auf die Lupine dürfte also noch nicht einwandsfrei erbracht sein. Einen besseren Aufschluß würde eine chemische Untersuchung der Ernteprodukte gegeben haben, die der Versuchsanstelter — was er selbst mit Bedauern als Mangel an der Arbeit empfindet — leider infolge anderer größerer Arbeiten nicht hat vornehmen können.

Auch läßt Pfeiffer die Frage offen, weshalb auf kalkhaltigem Boden bei gleichzeitiger Anwendung von Kalisalzen speziell einer Kainitdüngung, also bei gesteigerter Alkalität der Bodenlösung, die Entwicklung der Lupinen, was man nach seiner Ansicht annehmen müßte, nicht noch mehr geschädigt, sondern im Gegenteil, günstig beeinflußt wird. Jedenfalls, um dies nochmals zu betonen, kann die Kalkempfindlichkeit der Lupine nicht auf dem vorbesprochenen Wege durch eine allgemeine Alkaliempfindlichkeit erklärt werden.

Aus der Gesamtheit der obigen Erörterungen ergibt sich hinreichend, daß über die Frage der Kalkempfindlichkeit der Lupine, speziell über ihre Erklärung und Bekämpfung, die Ansichten zur Zeit noch recht weit auseinandergehen. Deshalb ist es von besonderem Interesse, der Prüfung dieser strittigen Fragen noch weiter nachzugehen. Umsomehr noch, als gerade die Lupine durch ihren großen Wert als Stickstoffsammler und Gründüngungspflanze in der landwirtschaftlichen Praxis eine große Bedeutung hat.

Der Zweck vorliegender Arbeit soll es deshalb sein, im Anschluß an die bisher über dies Thema gemachten und oben besprochenen Versuche, durch einen neuen, exakten Vegetationsversuch unter Berücksichtigung möglichst aller in Betracht kommenden Faktoren die vorliegende Frage nach den Gründen der Kalkempfindlichkeit der Lupine und ihrer Bekämpfung noch weiter zu klären.

Eigener Versuch.

Im Hinblick auf die Ergebnisse der vorliegenden Versuche und die durch sie hervorgerufenen Meinungsverschiedenheiten waren dem neuen Versuch zwei Hauptfragen zugrunde zu legen:

1. Beruht die Kalkempfindlichkeit der Lupine auf einer allgemeinen Abneigung gegenüber alkalisch reagierenden Nährlösungen, oder nur auf einer solchen speziell gegenüber dem Kalk?

2. Wenn letzteres der Fall ist, läßt sie sich durch Zuführung von Kali einschränken oder beseitigen?

Zur Beantwortung dieser beiden Fragen kam es zunächst darauf an, durch einen gewissen Kalkzusatz zum Boden eine Schädigung im Wachstum der Lupinen herbeizuführen. Und zwar schien es angebracht, den Kalk, der als kohlensaurer Kalk angewendet werden sollte, in steigenden Gaben zu verabfolgen, um dadurch gleichzeitig den Einfluß des jeweiligen Kalkgehalts des Bodens auf das Pflanzenwachstum und die Intensität der damit verbundenen Schädigung beobachten zu können.

Um nun festzustellen, ob diese durch den Kalk zu erwartende Schädigung auf eine spezifische Empfindlichkeit der Lupine gegen den Kalk oder auf eine allgemeine Empfindlichkeit gegenüber alkalisch reagierenden Nährlösungen zurückzuführen sei, musste neben der, durch den Kalk hervorgerufenen alkalischen Bodenreaktion, in weiteren Versuchsreihen durch gleichzeitige Anwendung eines anderen Nährsalzes in gleichfalls alkalisch reagie-

render Zusammensetzung geprüft werden, ob die allein schon bei dem Kalk aufgetretene Schädigung durch die jetzt noch verstärkte alkalische Reaktion der Nährlösung in gleichem Sinne beeinflußt würde. War dies der Fall, so konnte dadurch auf eine allgemeine Empfindlichkeit der Lupine gegenüber alkalisch reagierenden Nährlösungen geschlossen werden.

Umgekehrt mußte dann bei Anwendung des gleichen Salzes, jedoch in sauer reagierender Zusammensetzung, infolge hierdurch verminderter Alkalität der Bodenlösung, eine Milderung der Schädigung und günstigsten Falles sogar eine Steigerung in der Entwicklung der Pflanzen gegenüber der reinen Kalkdüngung zu erwarten sein.

Neben diesen beiden extremen Formen der Düngung erschien es jedoch angezeigt, gewissermaßen als Zwischenstufe, dasselbe Salz auch in neutraler Zusammensetzung zur Prüfung heranzuziehen. Diese Maßnahme hatte außerdem für die Behandlung der zweiten Frage noch eine besondere Bedeutung, auf welche an maßgebender Stelle zurückzukommen sein wird.

Bei dieser Anordnung des Versuches mußte mit Sicherheit festzustellen sein, welche Reaktion der Bodenlösung das Wachstum der Lupine am günstigsten beeinflußte, und damit sich ergeben, ob ihre sogenannte Kalkempfindlichkeit lediglich durch eine allgemeine Alkaliempfindlichkeit zu erklären, oder ob der Kalk als alleiniger Urheber der Schädigung anzusehen sei. Außerdem würde sich diese Anordnung des Versuches sehr eng an den oben besprochenen Versuch Pfeiffers anlehnen und eine Nachprüfung desselben ermöglichen, bei welcher auch auf den Kalk als den wichtigsten Faktor in der ganzen Frage genügend Rücksicht genommen ist.

Nun handelte es sich ferner darum, festzustellen, welche Bedeutung speziell das Kalium für die Lupine, besonders gegenüber einer derartigen Schädigung durch den Kalk besitzt. Die Beantwortung dieser Frage ließ sich in einfachster Weise mit obiger Reaktionsprüfung dadurch verbinden, daß in der hierfür erforderlichen Differenzdüngung das Kalium als Faktor einbezogen wurde. Zur Prüfung dieser zweiten Frage konnte hauptsächlich die oben angeordnete Düngung mit einem neutralen

Salz in Frage kommen, da hierdurch auf die Reaktion der Bodenlösung kein Einfluß ausgeübt wurde und ein solcher bei Ausscheidung derartiger Wirkungen nur auf das Kali zurückgeführt werden mußte. Hierdurch war gleichzeitig festzustellen, ob sich die vielfach ausgesprochene Ansicht bewahrheitete, daß das Kalium besonders günstig auf das Wachstum der Lupine einzuwirken und bei hohem Kalkgehalt des Bodens die hierdurch verursachte Schädigung zu mildern vermöchte.

Diese beiden Hauptpunkte mußten bei der Aufstellung des Versuchsplanes berücksichtigt werden und konnten bei einer derartigen Anordnung, wie sie im vorhergehenden kurz gekennzeichnet ist, gleichzeitig durch ein und denselben Versuch geprüft und vielleicht geklärt werden.

Auf die nähere Anordnung des Versuches soll im folgenden ausführlicher eingegangen werden.

Während die bisherigen Vegetationsversuche lediglich nur mit Sand, also meist sehr kalkarmen Böden angestellt waren, so wurde zu diesem Versuch auch neben einem solch kalkarmen Sande ein schwererer, sehr kalkreicher Lehmboden hiesiger Gegend zur Prüfung herangezogen. Ersterer, ein nährstoffarmer, gelber Heidesand, wies bei einer Untersuchung auf seinen Kalkgehalt nur so geringe Spuren von Kalk auf, daß sie neben den höheren Zugaben an Kalk ganz außer Acht gelassen werden konnten, und der Boden ohne Bedenken als kalkfrei bezeichnet werden durfte. Zur Herstellung des höheren Kalkgehaltes wurde in allen Fällen chemisch reiner kohlensaurer Kalk (sogen. Schlemmkreide) angewendet, und zwar wurden in den verschiedenen Versuchsreihen für den Sandboden — neben einer kalkfreien Stufe — drei höhere Kalkstufen vorgesehen, eine schwache, mittlere und starke Kalkgabe, entsprechend einem Gehalt von 0,2; 0,5 und 0,8 % an kohlensaurem Kalk im Boden.

Der Lehmboden besaß dagegen nach Analyse normal schon einen Kalkgehalt von 1,27 %. Für ihn wurde deshalb nur noch eine höhere Stufe angesetzt, bei welcher die Zugabe, ebenfalls an kohlensaurem Kalk, so berechnet war, daß der gesamte Kalkgehalt des Lehmbodens 3 % betrug.

Was die Düngung betrifft, so war zunächst neben der Kalidifferenzdüngung eine für alle Gefäße gleiche Grunddüngung erforderlich, da man bestrebt sein mußte, auf dem an sich sehr nährstoffarmen Sande ein möglichst intensives Wachstum der Lupinen zu erzielen, um daran ein umso deutlicheres Bild über den schädigenden Einfluß des Kalkes zu gewinnen. Als Grunddüngung wurden pro Gefäß — für Sand wie für Lehm — festgesetzt:

2,5 gr. Ammonphosphat [1])
2,5 gr. Magnesiumsulfat
0,5 gr. Chlornatrium.

Für die Kalidifferenzdüngung wurde für die alkalische Düngung das Kaliumkarbonat, für die saure das Kaliumbisulfat und als Neutralsalz das Chlorkalium gewählt. Es war dabei nun die Frage zu lösen, in welchem Verhältnis die Gaben der einzelnen Salze inbezug auf ihre Höhe zueinander stehen sollten, und es erwies sich als am vorteilhaftesten, hierfür ihren Gehalt an Kali zugrunde zu legen. Jedoch erschien es außerdem noch angebracht, in diesen einzelnen Düngungen eine Differenzierung ihrer Stärke eintreten zu lassen und zwar derart, daß jedesmal bei einer Reihe eine schwächere Gabe von 1 gr. Kali pro Gefäß in einer zweiten eine stärkere Gabe von 2,5 gr. Kali in Form des betreffenden Salzes angewendet wurde. Diese Anordnung war für den Sand, wie für den Lehm in gleicher Weise getroffen, nur mit der Ausnahme, daß für den letzteren die höhere Kaligabe in allen Fällen 3 gr. Kali pro Gefäß betrug.

Als Versuchspflanze wurde die gelbe Lupine (Lupinus luteus) gewählt. Und zwar einmal, weil sich diese Varietät nach den bisherigen Erfahrungen am empfindlichsten gegen den Kalk gezeigt hat und deshalb gerade für vorliegende Versuche am geeignetsten erschien. Andererseits aber, weil sie für die Praxis gegenüber anderen Varietäten infolge ihres Wertes als Futterpflanze wie auch als Stickstoffsammler und Gründüngungspflanze die größte Bedeutung besitzt.

---

[1]) Diese Stickstoffgabe von 0,5 gr. pro Gefäß sollte lediglich der ersten Stickstoffnahrung der Pflanzen dienen, bevor eine Assimilation des Luftstickstoffs durch die Knöllchenbakterien eingetreten war. Welche Nachteile diese Maßnahme gebracht hat, soll bei Besprechung des zweiten Versuchs erörtert werden.

Bevor wir jedoch auf die durch den Versuch gewonnenen Resultate und deren Erklärung näher eingehen, sei vorerſt einiges ausführlicher über die Anſetzung des Versuches, den Aufgang der Lupinen, die weiter über ihre Entwicklung gemachten Beobachtungen, die Ernte, ihre Verarbeitung und Untersuchung bemerkt.

Ausführung des Versuches.

Der Versuch wurde im Sommer 1912 in der Vegetationshalle des landwirtschaftlichen Inſtituts zu Göttingen ausgeführt.

Als Vegetationsgefäße dienten 126 Zinktöpfe von 33 cm Höhe und 25 cm. Durchmesser mit Durchlüftungseinsätzen, ebenfalls aus Zink. Die Gefäße wie die Einsätze waren vor der Benutzung sorgfältig zweimal mit Asphaltlack geſtrichen; einerseits, um hierdurch, da es ſich bei dem Versuch teilweise um die Anwendung von sauren Düngungen handelte, jedwede Störung und Beeinträchtigung desselben durch unerwünschte Faktoren von vornherein auszuschalten; andererseits, um die Gefäße selbst vor Oxydation zu schützen. Nachdem der Lack genügend eingetrocknet war, wurden die Gefäße mit grobem Kies auf gleiches Gewicht gebracht (abtariert) und alsdann gefüllt.

Zunächſt sei aber noch Einiges über die Einteilung der Gefäße für den Versuch und über die Anordnung der Düngungen bemerkt, wofür zur besseren Überſicht nebenſtehender Versuchsplan eingefügt iſt.

Versuchsplan.

Bodenart	Kalkgabe resp. Kalkgehalt		Kalidüngung						
			Kaliumkarbonat		Kaliumbisulfat		Chlorkalium		ohne Kali
	%	gr.	schwach	stark	schwach	stark	schwach	stark	
Stärke der Kaligabe:			1 gr.	2,5 gr.	1 gr.	2,5 gr.	1 gr.	2,5 gr.	—
Bezeichnung der Reihe:			S. 1a.	S. 1b.	S. 2a.	S. 2b.	S. 3a.	S. 3b.	S. 4.
Sand	—	—	169/71	181/83	193/95	205/07	217/19	229/31	313/15
	0,2	42	172/74	184/86	196/98	208/10	220/22	232/34	316/18
	0,5	105	175/77	187/89	199/201	211/13	223/25	235/37	319/20, 393
	0,8	168	178/80	190/92	202/04	214/16	226/28	238/40	394/96
Stärke der Kaligabe:			1 gr.	3 gr.	1 gr.	3 gr.	1 gr.	3 gr.	—
Bezeichnung der Reihe:			L. 1a.	L. 1b.	L. 2a.	L. 2b.	L. 3a.	L. 3b.	L. 4.
Lehm	1,27	ohne Zusatz	397/99	403/05	345/47	351/53	357/59	363/65	115/17
	3,0	329	400/02	406/08	348/50	354/56	360/62	366/68	118/20

Von den in obiger Weise vorbereiteten 126 Gefäßen wurden 84 für den Sand, 42 für den Lehmboden bestimmt und — wie aus dem Plan ersichtlich — für beide Versuchsgruppen in je 7 Reihen angeordnet. Und zwar wurden für jede der drei Kaliverbindungen je zwei Reihen, eine für die schwache, die andere für die stärkere Kaligabe angesetzt. Die noch übrig bleibende siebente Reihe bildete die Kontrollreihe, welche kein Kali erhielt. Innerhalb einer jeden dieser Reihen hatte nun die Differenzierung des Kalkgehaltes zu erfolgen und zwar — wie vorgesehen — bei Sand, einschließlich der kalkfreien Stufe, in vier, bei Lehm in zwei Stufen, so daß jede Stufe schließlich aus drei Gefäßen bestand, die gleichzeitig die Kontrollgefäße untereinander bildeten.

In Anbetracht der starken Differenzierung der Düngung schien es für eine genaue Beimischung und Verteilung der einzelnen Düngungen erforderlich, die für jedes Gefäß bestimmte Bodenmenge vor der Füllung getrennt für sich vorzubereiten. Zu diesem Zwecke wurde der Boden für jedes Gefäß abgewogen, und zwar an Sand je 21 kg., an Lehm nur je 19 kg., da letzterer stark ausgetrocknet war. Sodann erfolgte zunächst die Beimischung des kohlensauren Kalkes, der für jede Stufe, entsprechend dem vorgesehenen prozentischen Verhältnis zur Bodenmenge vorher abgewogen war. Um eine recht genaue Verteilung des Kalkes im Boden zu erzielen, wurde derselbe zunächst mit einer kleinen Menge Boden gründlich verrieben und dann erst mit der ganzen Bodenmenge innig vermischt. Nachdem der Kalk in dieser Weise untergebracht war, erfolgte die Zugabe der übrigen Düngungen, der Grund- und der Kali-Differenzdüngungen, welche sämtlich in Lösung verabfolgt und einzeln mit dem Boden ausreichend vermischt wurden. Das Füllen der Gefäße geschah mit dem v. Seelhorst'schen Füllapparat, [1]) um dadurch in allen Gefäßen eine möglichst gleichmäßige Lagerung des Bodens zu erzielen.

Damit waren die Gefäße für die Aussaat fertig gestellt, die am 24. und 25. Mai erfolgte. Mit derselben wurde gleichzeitig

[1]) s. Journal für Landwirtschaft 1906, S. 83 ff.

eine Impfung des Bodens vorgenommen, um auch in dieser Richtung die für ein normales Wachstum der Lupinen erforderlichen Vorbedingungen in jeder Weise zu schaffen. Da eine Reinkultur von Lupinenbakterien leider nicht zur Hand war, so mußte zur Impfung der Aufguss eines Bodens aus dem Versuchsfelde verwendet werden, welcher im letzten Jahre Lupinen getragen hatte, bei denen eine gute Knöllchenbildung zu verzeichnen gewesen war. Die Impfung des Bodens erfolgte zusammen mit der Aussaat der Lupinen in der Weise, daß zunächst aus einem jeden Gefäß die obere Bodenschicht in einer Stärke von etwa 4 cm. herausgenommen, und die Oberfläche wieder geebnet wurde. Über diese wurde eine bestimmte Menge des gut durchgerührten Aufgusses mittelst Brause verteilt — die Samen, je 14 pro Gefäß, die später auf je 7 Pflanzen vereinzelt werden sollten — ausgelegt, und sodann der vorher abgenommene Boden wieder aufgefüllt. Auf diese Weise mußten die jungen Wurzeln der Pflanzen unbedingt mit den Bakterien in Berührung kommen, und war infolgedessen der Eintritt einer Knöllchenbildung mit Sicherheit zu erwarten. Welche Nachteile diese Maßnahme für die Beurteilung des Versuchsresultates inbezug auf die Wirkungen der übrigen Faktoren gehabt hat — es ist schon in der Einleitung auf eine hierdurch hervorgerufene Nebenerscheinung hingewiesen, die die Erklärung der übrigen Erscheinungen in gewissem Sinne beeinträchtigt hat — soll an späterer Stelle erörtert werden.

Für die Wasserversorgung wurde ausschließlich nur Regenwasser verwendet, da das hiesige Leitungswasser infolge seines hohen Kalkgehaltes leicht eine Störung oder Beeinträchtigung des Versuches hätte herbeiführen können. Die Wasserzufuhr wurde in den ersten Wochen während der Keimung und des Aufganges der Lupinen durch Überbrausen besorgt, wobei der hierdurch verursachten Verkrustung des Lehmbodens durch häufige Lockerung der Oberfläche entgegen gearbeitet werden mußte. Später erfolgte der Ersatz des verbrauchten Wassers täglich resp. jeden zweiten Tag ausschließlich von unten durch die Durchlüftungsröhren; und zwar wurden die Gefäße auf einem möglichst gleichmässigen Feuchtigkeitsgehalt, der Sand auf 55%, der Lehm auf 65% der vollen Wasserkapazität gehalten.

Vegetationsbeobachtungen.

Der Aufgang der Lupinen begann am 1. Juni. Er erfolgte jedoch sehr ungleichmäßig. Dies lag einerseits an der teilweise sehr grossen Hartschaligkeit einzelner Samen, andererseits an der schlechten Beschaffenheit des Saatgutes, der es in der Hauptsache zuzuschreiben ist, daß viele Samen im Boden einfach verfaulten. Infolgedessen war eine ständige Kontrolle der Fehlstellen und ein Nachlegen gesunder Samen erforderlich, welche zu diesem Zwecke in Filtrierpapier und sterilem Sand vorgekeimt bereitgehalten wurden.

Im Laufe der folgenden Wochen trat noch eine weitere Schädigung in Erscheinung, deren Ursache anfangs nicht festzustellen war. Gesund und kräftig aussehende Pflanzen, die schon die ersten Laubblätter entwickelt hatten, fielen plötzlich um und welkten. Beim Ausgraben der Wurzeln zeigte es sich, daß diese bis an die Bodenoberfläche schon größtenteils verfault waren. Eine mikroskopische Untersuchung der faulen Wurzelmasse ergab als vermutlichen Erreger dieser Schädigung ein Fusarium, welcher Pilz bislang bei Lupinen noch nicht gefunden worden ist. Möglicherweise ist er auch die Ursache des Eingehens so vieler Keimlinge, die sich anfangs noch recht gut entwickelt hatten, obwohl er bei noch mehrfach angestellten mikroskopischen Untersuchungen der geschädigten Pflanzen nicht weiter nachgewiesen werden konnte.

Jedenfalls war infolge dieser Erscheinungen das Gesamtbild des Versuches in den ersten Wochen ein recht unausgeglichenes, und es war deshalb nicht möglich über den Aufgang irgendwelche vergleichende Beobachtungen zu machen. Vielmehr war es erforderlich durch ständiges Nachlegen vorgekeimter, gesunder Samen an den Fehlstellen, allmählich auf die Erzielung eines gleichmäßigen Bestandes hinzuwirken. Bei den Gefäßen, auf welchen ein Nachpflanzen stattgefunden hat, ist dies in den späteren Erntetabellenvermerkt, um dadurch die Ursachen unmotivierter Unterschiede in den Ernten einzelner Parallelgefäße erklären zu können. Auch

konnte infolge des ungleichmässigen Aufganges mit einem Vereinzeln der Pflanzen erst sehr spät, und zwar erst dann begonnen werden, wenn diese soweit herangewachsen waren, daß man irgendwelche Schädigungen oder Verluſte nicht mehr zu befürchten hatte.

Die erſten Unterschiede im Wachstum der Pflanzen konnten etwa Mitte Juni wahrgenommen werden, und sollen die hierüber fortlaufend gemachten Beobachtungen im folgenden wiedergegeben werden.

Beobachtung vom 12. Juni 1912.

Bei dem **Sandversuch** treten die erſten Unterschiede, allerdings noch sehr schwach erkennbar, auf. Besonders iſt in verschiedenen Versuchsreihen bei höherem Kalkgehalt des Bodens ein Gelblichwerden der Keimblätter und erſten Laubblätter zu bemerken. Und zwar tritt dies am deutlichſten hervor in Reihe S. 1a und S. 1b (Kaliumkarbonat; schwache und ſtarke Gabe), in beiden Reihen ziemlich gleichmäßig beginnend bei den Gefäßen mit mittlerem (0,5 %) Kalkgehalt, noch deutlicher erkennbar bei höchſtem (0,8 %) Kalkgehalt. In Reihe S. 2a und S. 2b (Kaliumbisulfat; schwache und ſtarke Gabe) tritt scheinbar dieselbe Erscheinung ein, sie iſt jedoch noch sehr schwach ausgeprägt und nur in Reihe S. 2b deutlich zu erkennen. In Reihe S. 3a und S. 3b (Chlorkalium; schwache und ſtarke Gabe) iſt noch kein Unterschied zu bemerken. Bei Reihe S. 4 (ohne Kali) tritt dagegen die Erscheinung wieder deutlicher hervor, und zwar ebenfalls bei den Gefäßen mit mittlerer und hoher Kalkgabe (0,5 und 0,8 %).

Bei dem **Lehmversuch** scheint auf den Gefäßen mit hohem Kalkgehalt ebenfalls eine Gelblichfärbung der Blätter einzutreten; und zwar besonders in den Reihen L. 1a und L. 1b (Kaliumkarbonat; schwache und ſtarke Gabe); etwas schwächer in Reihe L. 2a und L. 2b (Kaliumbisulfat; schwache und ſtarke Gabe). In den übrigen Reihen L. 3a und L. 3b (Chlorkalium; schwache und ſtarke Gabe), sowie L. 4 (ohne Kali) iſt noch nichts derartiges wahrnehmbar.

Beobachtung vom 14. Juni 1912.

Nachdem sich die am 12. Juni beobachteten Erscheinungen inzwischen noch etwas verſtärkt haben, dürften bei dem **Sandversuch** auch jetzt geringe Unterschiede im Wachstum zu bemerken sein. Diese sind bisher allerdings nur in den Reihen S. 1a, S. 1b sowie S. 4, wo die Unterschiede in der Farbe der Pflanzen am deutlichſten hervorgetreten sind, erkennbar. Hier scheinen die Pflanzen der Gefäße, die diese Gelbfärbung nicht zeigen, also der kalkfreien wie der schwachen Kalkſtufe (0,2 %), im Wachstum größere Fortschritte zu machen gegenüber denen der höheren Kalkſtufen. In allen übrigen Reihen iſt in dieser Beziehung mit Sicherheit noch nichts feſtzuſtellen.

Ebenso sind bei dem **Lehmversuch** noch keine Unterschiede im Wachstum bemerkbar, da die Pflanzen hier im ganzen noch sehr gegenüber dem Sandversuch in der Entwicklung zurück sind.

Beobachtung vom 17. Juni 1912.

Die Unterschiede in der Farbe wie im Wachstum der Pflanzen haben sich seit dem 14. Juni überall bedeutend verſtärkt. Besonders ist dies bei dem **Sandversuch** der Fall.

In den Reihen S. 1a und S. 1b (Kaliumkarbonat; schwache und ſtarke Gabe) sind die Unterschiede am deutlichsten erkennbar. Die Gefäße der hohen Kalkgaben (0,5 und 0,8 %) heben sich wenig von einander ab; in beiden Reihen iſt bei ihnen eine ziemlich gleichmäßige Gelbfärbung der Pflanzen eingetreten. Bei 0,2 % Kalkzusatz ist in beiden Reihen von einer Verfärbung noch nichts zu sehen, doch scheinen hier die Pflanzen gegenüber denen ohne Kalkzusatz im Wachstum etwas zurückzubleiben. Zwischen den beiden verschieden starken Kaligaben ist noch kein Unterschied wahrnehmbar.

In den Reihen S. 2a und S. 2b (Kaliumbisulfat; schwache und starke Gabe) treten die Unterschiede nicht ganz so deutlich hervor wie in den beiden vorigen Reihen. Jedoch sind auch hier die Gefäße der beiden höchsten Kalkgaben (0,5 und 0,8 %) in beiden Reihen inbezug auf Gelbfärbung ziemlich gleich, wäh-

rend bei 0,2 % Kalkzusatz eine Verfärbung noch nicht zu beobachten ist. Es scheint aber, daß auf diesen Gefäßen die Pflanzen auch um ein geringes gegenüber denen ohne Kalkzusatz zurückbleiben. Auch ist bis jetzt noch nicht wahrnehmbar, daß schwache und starke Kaligabe verschieden gewirkt hat.

Bei den Reihen S. 3a und S. 3b (Chlorkalium: schwache und starke Gabe) treten Unterschiede — entsprechend den früher gemachten Beobachtungen — noch weniger deutlich hervor. Jedoch ist hier inzwischen bei den Gefäßen mit 0,5 und 0,8 % Kalk auch eine Gelbfärbung in beiden Reihen eingetreten, welche allerdings nicht so intensiv ist wie in den Reihen S. 1a und S. 1b. Auch sind die Pflanzen der erwähnten Gefäße gegenüber denen der kalkfreien und der schwachen Kalkgabe (0,2 %) wohl etwas im Wachstum zurück, was aber infolge des ungleichmäßigen Aufganges und Bestandes — der in diesen Reihen besonders schlecht war — nicht sicher erkennbar ist. Auch ist hier in der Wirkung der verschieden starken Kaligaben bisher ein Unterschied noch nicht festzustellen.

In der Reihe S. 4 (ohne Kali) sind die Unterschiede schon recht deutlich, etwa entsprechend Reihe S. 1a und S. 1b. Bei den beiden hohen Kalkgaben ist eine kräftige Gelbfärbung und ein deutliches Zurückbleiben im Wachstum gegenüber der schwachen Kalkgabe und der kalkfreien Gruppe wahrzunehmen. Auch bei den Pflanzen der Gefäße mit 0,2 % Kalk scheint gegenüber denen ohne Kalk ein schwächeres Wachstum und eine Verfärbung einzutreten.

Auch beim **Lehmversuch** treten jetzt trotz des noch recht unausgeglichenen und lückenhaften Bestandes deutliche Unterschiede in Erscheinung. Diese sind weniger im Wachstum, mehr jedoch in der Färbung der Pflanzen zu erkennen. Und zwar ist fast ausnahmslos bei den Gefäßen mit hohem Kalkgehalt (3 %) eine Gelbfärbung eingetreten.

In den Reihen L 1a und L. 1b (Kaliumkarbonat; schwache und starke Gabe) sind die Unterschiede in der Farbe wie beim Sand am deutlichsten. Zwischen den beiden Reihen ist noch kein Unterschied wahrnehmbar.

In den Reihen L. 2a und L. 2b (Kaliumbisulfat; schwache und starke Gabe) sind im Wachstum ebenfalls noch keine Unterschiede vorhanden, jedoch ist bei den Gefäßen mit hohem Kalkgehalt eine Gelbfärbung eingetreten, die sich aber etwas weniger intensiv wie in Reihe L. 1a und L. 1b ausprägt.

In den Reihen L. 3a und L. 3b (Chlorkalium; schwache und starke Gabe) sind wie beim Sand die Unterschiede vorläufig noch am schwächsten erkennbar. Doch scheint auch hier bei den Gefäßen mit hohem Kalkgehalt eine Gelbfärbung eintreten zu wollen.

In der Reihe L. 4 (ohne Kali) ist, ganz entsprechend den Erscheinungen beim Sandversuch, die Gelbfärbung der Pflanzen bei hoher Kalkgabe am intensivsten. Doch ist der Bestand in dieser Reihe noch sehr unausgeglichen und lückenhaft. Infolgedessen konnten über die Entwicklung der Pflanzen noch keine sichere Angaben gemacht werden.

Beobachtung vom 24. Juni 1912.

Die Unterschiede in der Entwicklung und in der Farbe der Pflanzen der einzelnen Gruppen sind seit dem letzten Beobachtungstage im großen und ganzen dieselben geblieben. Hinzuzufügen ist, daß bei dem **Lehmversuch** jetzt auch deutliche Unterschiede im Wachstum der Pflanzen zwischen der niedrigen und hohen Kalkstufe erkennbar sind. Allerdings sind sie längst nicht so ausgeprägt wie beim Sandversuch.

Ferner sind jetzt auch kleine Unterschiede zwischen den verschieden starken Kaligaben wahrzunehmen, und zwar einmal derart, daß bei der höheren Gabe an Kali ein deutliches Zurückbleiben im Wachstum gegenüber der geringeren Gabe zu erkennen ist, andererseits auch in der intensiveren Gelbfärbung der Pflanzen der Gefäße mit höheren Kalkzusätzen (0,5 und 0,8 %) in den Reihen mit höherer Kaligabe. Diese Unterschiede sind vorerst nur beim **Sandversuch** wahrzunehmen und zwar am deutlichsten zwischen den Reihen S. 1a und S. 1b (Kaliumkarbonat schwache und starke Gabe); ferner zwischen S. 2a und S. 2b (Kaliumbisulfat; schwache und starke Gabe). Noch nicht bei den

Reihen S. 3a und S. 3b (Chlorkalium; schwache und starke Gabe). Beim **Lehmversuch** ist in den Reihen mit stärkeren Kaligaben höchstens eine etwas blaßgrünere Farbe der Pflanzen festzustellen.

Seit einigen Tagen ist es jedoch deutlich wahrnehmbar, daß bei einer Reihe von Pflanzen, welche bisher eine starke Gelbfärbung zeigten, diese wieder zurückzugehen scheint. Worauf diese Erscheinung zurückzuführen ist, ließ sich nicht genau feststellen. Es liegt nur die Vermutung nahe, daß infolge eingetretener Knöllchenbildung, die bei einigen zur Untersuchung herausgezogenen, überzähligen Pflanzen festgestellt werden konnte, jetzt eine kräftigere Ernährung der Pflanze mit Stickstoff eingetreten ist.

Die in den letzten Tagen nachgelegten Keimlinge sind inzwischen angegangen und haben sich größtenteils gut weiter entwickelt, sodaß der Pflanzenbestand bis auf wenige Lücken vollzählig ist. Infolgedessen konnte jetzt mit dem Vereinzeln der Pflanzen begonnen werden. Vorläufig wurden jedoch nur die größten und bestentwickeltsten Pflanzen vereinzelt.

Beobachtung vom 2. Juli 1912.

Das Wachstum der Pflanzen ist auf allen Gefäßen gut vorangeschritten. Auch die nachgesetzten Pflanzen haben sich gut entwickelt und die übrigen Pflanzen teilweise schon eingeholt. Besonders kräftig sind die Pflanzen auf den Gefäßen entwickelt, die keinen oder nur etwas (0,2 ^{0} $_0$) Kalk erhalten haben. Infolgedessen sind die Unterschiede zwischen diesen und den mit hohen Kalkgaben versehenen Gefäßen bedeutend stärker geworden. Auch ist auf den meisten Gefäßen, jedoch nur beim **Sandversuch,** die Gelbfärbung der Pflanzen wieder deutlicher geworden und zwar ist sie jetzt am kräftigsten in den Reihen S. 1b (Kaliumkarbonat; starke Gabe) S. 2a und S. 2b (Kaliumbisulfat; schwache und starke Gabe). In den übrigen Reihen ist die Farbe der Pflanzen nur bei den höheren Kalkgaben vorwiegend gelb, jedoch nicht so intensiv wie bei den erstgenannten.

Beim **Lehmversuch** sind die Unterschiede des Bestandes der Gefäße mit niederem und hohem Kalkgehalt jetzt auch viel

deutlicher, drücken sich aber weniger in der Farbe, mehr dagegen im Wachstum aus. Man kann vielleicht sagen, daß die Farbe der Pflanzen auf den Gefäßen mit hohem Kalkgehalt im ganzen eine etwas blassere ist als bei niederem Kalkgehalt des Bodens. Die Pflanzen dieses Versuches, die bisher gegenüber denen des Sandversuches recht zurück waren, haben sich in der Zwischenzeit gut entwickelt, sodaß der Bestand jetzt ein ganz guter und ziemlich ausgeglichener ist. Es sind nur noch wenige Nachkömmlinge vorhanden, welche sich scheinbar auch gut entwickeln und die übrigen Pflanzen noch einholen werden.

In der Zwischenzeit wurden die Pflanzen weiter vereinzelt, jedoch stehen die jüngsten Pflanzen vorläufig noch doppelt. Schädigungen durch Fusarium oder anderer Art wurden in den letzten Tagen nicht mehr bemerkt.

Seit mehreren Tagen beginnen auch zwischen den Düngungen mit den verschiedenen Kalisalzen sich mehr oder weniger starke Unterschiede herauszubilden, die einmal in der Färbung der Pflanzen, mehr noch in ihrem Wachstum erkennbar sind. Die Unterschiede zwischen den verschiedenen Stärken der Kalidüngungen, deren Auftreten schon in den Beobachtungen vom 24. Juni angedeutet wurde, haben sich inzwischen deutlich vertieft.

Alle Einzelheiten über die Entwicklung der Pflanzen sollen im folgenden wiedergegeben werden.

Sand.

Reihe S. 1a und S. 1b (Kaliumkarbonat; schwache und starke Gabe).

In diesen beiden Reihen ist die Entwicklung am kräftigsten vorgeschritten, und sind die Unterschiede zwischen den einzelnen Kalkgaben am deutlichsten wahrnehmbar. Das Wachstum nimmt mit steigendem Kalkgehalt des Bodens stufenförmig ab. Auch die Unterschiede zwischen den beiden Reihen sind recht deutlich. Sie prägen sich besonders stark bei den beiden hohen Kalkgaben (0,5 und 0,8 %) aus. Einmal ist bei der starken Kaligabe eine viel intensivere Gelbfärbung der Pflanzen wahrzunehmen, andererseits sind diese im Wachstum gegenüber denen mit schwa-

cher Kaligabe erheblich zurück. Bei den Gefäßen ohne Kalk und mit schwacher Kalkgabe (0,2 %) sind zwischen den beiden Reihen noch keine Unterschiede, weder in der Farbe, noch in der Entwicklung der Pflanzen festzustellen.

Reihe S. 2a und S. 2b (Kaliumbisulfat; schwache und ſtarke Gabe).

Schon seit mehreren Tagen ist hier ein deutliches Zurückbleiben im Wachstum der Pflanzen gegenüber den Reihen S. 1a und S. 1b zu bemerken. Besonders stark fällt dies bei Reihe S. 2b ins Auge. In Reihe S. 2a ist die Entwicklung der Pflanzen auf den Gefäßen ohne Kalk noch verhältnismäßig gut, bleibt jedoch auch schon etwas hinter derjenigen auf den entsprechenden Gefäßen der Reihe S. 1a zurück. In Reihe S. 2b dagegen sind die Gefäße ohne Kalk ganz erheblich gegenüber denen von Reihe S. 1b zurück und würden inbezug auf die Entwicklung der Pflanzen etwa derjenigen der mittleren Kalkstufe (0,5 %) in Reihe S. 1b entsprechen. Auch macht sich bei den drei Parallelgefäßen eine ungleichmäßige Entwicklung geltend, indem Nr. 206 sich in letzter Zeit bedeutend kräftiger entwickelt hat gegenüber Nr. 205 und 207. Die Gelbfärbung der Pflanzen ist in beiden Reihen bei den hohen Kalkgaben (0,5 und 0,8 %) eine recht intensive, besonders in Reihe S. 2b. Sie scheint sich in dieser Reihe sogar schon bei den Gefäßen mit schwacher Kalkgabe (0,2 %) andeuten zu wollen, da die Pflanzen hier eine viel blassere Farbe zeigen. Auch im Wachstum ist Reihe S. 2b in jeder Kalkstufe bedeutend hinter S. 2a zurück.

Reihe S. 3a und S. 3b (Chlorkalium; schwache und und ſtarke Gabe).

Hier ist infolge des noch immer etwas unausgeglichenen Bestandes schwer ein sicheres Urteil zu fällen. Scheinbar ist aber die Entwicklung kräftiger wie in den Reihen S. 2a und S. 2b. In Reihe S. 3a sind die Pflanzen auf den Gefäßen ohne Kalk und mit 0,2 % gut entwickelt. Bei den hohen Kalkgaben (0,5

und 0,8 %) ist in den beiden Reihen eine intensive Gelbfärbung zu verzeichnen. Reihe S. 3b ist im ganzen deutlich gegen S. 3a zurück. Auch ihre Farbe ist nicht so intensiv grün — was die Gefäße ohne und mit 0,2 % Kalk betrifft — besonders scheint bei den letzteren schon eine Gelbfärbung eintreten zu wollen. Ferner ist seit einigen Tagen zu bemerken, daß in beiden Reihen bei sehr vielen, oft schon recht kräftigen Pflanzen, die untersten Laubblätter welk werden und allmählich eintrocknen. Bei den Gefäßen mit hohem Kalkgehalt beginnen, besonders in der Reihe S. 3b, die gelben Blätter abzufallen.

Reihe S. 4 (ohne Kali).

In dieser Reihe sind die Wachstumsunterschiede zwischen den verschiedenen Kalkstufen am deutlichsten. Die Pflanzen auf den Gefäßen ohne Kalk sind kräftig entwickelt und von gesunder Farbe. Bei 0,2 % Kalk ist ein bedeutend geringeres Wachstum und ein blasseres Aussehen der Pflanzen wahrzunehmen. Gegenüber den entsprechenden Gefäßen in den Reihen S. 1a und S. 1b (Kaliumkarbonat; schwache und starke Gabe) ist hier ein sichtliches Zurückbleiben zu bemerken; mit den entsprechenden Gefäßen der übrigen Reihen — ausgenommen S. 2b (Kaliumbisulfat, starke Gabe), die schwächer ist — halten sie so ziemlich gleichen Schritt. Die Gefäße mit hohem Kalkgehalt (0,5 und 0,8 %) haben auch eine deutliche Gelbfärbung der Pflanzen aufzuweisen, jedoch ist dieselbe nicht so intensiv wie bei den entsprechenden Gefäßen der Reihe S. 2b.

Lehm.

Über den Lehmversuch ist im einzelnen zur Zeit noch wenig zu bemerken. Hier sind in allen Reihen vorläufig nur Unterschiede zwischen den verschiedenen Kalkgaben zu erkennen, die in allen Reihen ungefähr das gleiche Bild zeigen. Bei höherem Kalkgehalt des Bodens findet sich überall eine schwächere Entwicklung und blassere Farbe der Pflanzen. Eine derartig intensive Gelbfärbung wie bei dem Sandversuch ist hier trotz des

viel höheren Kalkgehaltes nicht zu beobachten. Zwischen den Düngungen mit den verschiedenen Kaliverbindungen ist noch kein sichtbarer Unterschied wahrzunehmen, ebenso zwischen den einzelnen Reihen mit schwacher und starker Kaligabe, ausgenommen in Reihe L. 1a und L. 1b (Kaliumkarbonat; schwache und starke Gabe), welch letztere sich, besonders bei niederem Kalkgehalt des Bodens etwas kräftiger zu entwickeln scheint.

Beobachtung vom 8. Juli 1912.

Seit einigen Tagen hat sich bei dem **Sandversuch** eine intensive Rotfärbung der Blattstiele und Keimblätter, bei welchen sie teilweise blutrot erscheint, eingestellt. Und zwar ist dies bei den Gefäßen der Fall, die irgendwelchen Kalkzusatz erhalten haben. Besonders intensiv rot bei den höchsten Kalkgaben (0,8 %), an erster Stelle in Reihe S. 2a und S. 2b (Kaliumbisulfat; schwache und starke Gabe). Dagegen zeigen die Pflanzen der Gefäße ohne jeglichen Kalkzusatz nach wie vor eine saftiggrüne Farbe, mit Ausnahme der Reihen S. 2a und S. 2b in denen je nach Stärke der Kalidüngung auch auf den kalkfreien Gefäßen eine derartige Rotfärbung eingetreten ist.

Beobachtung vom 20. Juli 1912.

Sand.

Die Entwicklung der Pflanzen hat auf einer Reihe von Gefäßen in den letzten 8—10 Tagen, seitdem das Schossen eingetreten ist, enorme Fortschritte gemacht. Dies ist besonders zu beobachten in den Reihen: S. 1a und S. 1b (Kaliumkarbonat; schwache und starke Gabe) auf den Gefäßen ohne und mit 0,2 % Kalkzusatz; Reihe S. 2a (Kaliumbisulfat; schwache Gabe) auf den Gefäßen ohne Kalk; Reihe S. 3a (Chlorkalium; schwache Gabe) bei den Gefäßen ohne und mit 0,2 % Kalkzusatz; Reihe S. 3b (Chlorkalium; starke Gabe) nur auf den Gefäßen ohne Kalk; Reihe S. 4 (ohne Kali) auf den Gefäßen ohne und mit 0,2 % Kalkzusatz. Ebenso ist in Reihe S. 1a (Kaliumkarbonat; schwache

Gabe) auf den Gefäßen mit hohen Kalkgaben (0,5 und 0,8 %) ein intensiveres Wachstum der Pflanzen und beginnendes Schossen zu beobachten. Bei den übrigen Gefäßen hat sich, besonders bei den hohen Kalkgaben, die Gelbfärbung verstärkt resp. bei den niederen eine blassere Färbung der Pflanzen eingestellt. Auch die Rotfärbung der Blattstiele und Keimblätter, welch letztere teilweise blutrote Färbung angenommen haben, ist noch intensiver geworden. Verschiedentlich, besonders bei den hohen Kalkgaben, sind auch die Ränder der Laubblätter rot gefärbt.

Lehm.

Bei dem **Lehmversuch** ist das Wachstum langsamer fortgeschritten. Jedoch beginnt auch hier ein Schossen der Pflanzen. Im ganzen sind die Pflanzen auf dem Lehm viel schwächer, etwa nur einhalb so stark wie die kräftigsten Pflanzen auf dem Sand. Auch ist ihre Farbe blasser. Das Bild ist sonst fast noch unverändert, nur haben sich die Unterschiede infolge des weiteren Heranwachsens etwas mehr vertieft. Zwischen den Düngungen mit den verschiedenen Kaliverbindungen ist noch immer kein Unterschied wahrzunehmen; ebenso in der Stärke der Kaligaben zwischen den Reihen L. 2a und L. 2b (Kaliumbisulfat; schwache und starke Gabe), sowie zwischen L. 3a und L. 3b (Chlorkalium; schwache und starke Gabe). Doch scheint jetzt Reihe L. 4 (ohne Kali) in der Entwicklung gegenüber allen anderen Reihen, die eine Kalidüngung in irgendeiner Form und Stärke erhalten haben, zurückzubleiben.

Um ein möglichst genaues Bild von dem Stande des Versuches zu erhalten, was für die Erklärung der Erscheinungen von grosser Bedeutung ist, sind die Gefäßgruppen einzeln nochmals einer besonderen Beobachtung einer jeden für sich und einem Vergleich untereinander unterzogen worden, deren Resultate im folgenden wiedergegeben werden sollen.

Sand.

Reihe S. 1a (Kaliumkarbonat; schwache Gabe).

169/71 (ohne Kalk).

Hier ist die Entwicklung am stärksten. Kräftig entwickelte Pflanzen von gesunder dunkelgrüner Farbe. Höhe des Bestandes gut ausgeglichen 30—35 cm.

172/74 (0,2 % Kalk).

Ebenfalls sehr kräftig entwickelte Pflanzen von dunkelgrüner Farbe. In Höhe etwas geringer wie vorige Gruppe, etwa 25 cm. Gefäß 174 etwas zurück.

175/77 (0,5 % Kalk).

Gegen die letzte Gruppe bedeutend zurück, etwas blaßgrünere Farbe. Schwache Rotfärbung einiger Blattstiele. Höhe 12—15 cm. Gefäß 176 ist etwas kräftiger entwickelt.

178/80 (0,8 % Kalk).

In der Entwicklung noch mehr zurück. Farbe der Pflanzen schon mehr gelblich. Rotfärbung der Blattstiele noch etwas intensiver, auch einige Keimblätter sind rot gefärbt. Höhe etwa 10 cm. Gefäß 178 etwas besser entwickelt.

Reihe S. 1b (Kaliumkarbonat; starke Gabe).

181/83 (ohne Kalk).

In der Entwicklung ziemlich gleich den entsprechenden Gefäßen 169/71 der Reihe S. 1a. Die Pflanzen sind nicht ganz so hoch wie diese, aber sonst kräftiger entwickelt. Gesunde dunkelgrüne Farbe; Höhe ca. 30 cm.

184/86 (0,2 % Kalk).

Gegenüber letzter Gruppe im Wachstum etwas zurück. Auch etwas geringer wie die entsprechende Gruppe 172/74 in Reihe S. 1a. Ebenso scheint hier die Farbe etwas blasser zu sein. Höhe etwa 20 cm.

187/89 (0,5 % Kalk).

Diese Gruppe fällt sehr gegen die vorige ab. Die Pflanzen sind stark zurückgeblieben und ziemlich intensiv gelb gefärbt. Daneben eine starke Rotfärbung der Blattstiele und Keimblätter, teilweise sogar auch der Laubblätter. Höhe nur etwa 10 cm.

190/92 (0,8 % Kalk).

Hier ist die Entwicklung am allerschwächsten, noch geringer wie in letzter Gruppe. Einige Pflanzen sind vollständig gelb; bei allen eine intensive Rotfärbung bestimmter Pflanzenteile. Höhe kaum 10 cm. Gefäß 192 ist etwas stärker.

Reihe S. 2a (Kaliumbisulfat; schwache Gabe).

193/95 (ohne Kalk).

Entwicklung verhältnismäßig auch recht kräftig, aber wesentlich geringer wie bei den entsprechenden Gefäßen der vorigen Reihen (Kaliumkarbonat). Das Aussehen der Pflanzen ist noch ein recht gutes; Farbe ziemlich dunkelgrün; Höhe 20—25 cm.

196/98 (0,2 % Kalk).

Hier beginnt schon jetzt ein deutlicher Abfall im Wachstum gegenüber der vorigen Gruppe. Farbe blassgrün; Rotfärbung der Blattstiele und einiger Blätter; Höhe nur etwa 15 cm.

199/201 (0,5 % Kalk).

Gegenüber letzter Gruppe noch geringer. Farbe sehr blaßgrün, teilweise gelb; intensive Rotfärbung; Höhe 10—12 cm.

202/04 (0,8 % Kalk).

Entwicklung sehr schwach. Blätter sehr klein und schmal. Neben vorwiegend gelber Farbe sehr intensive Rotfärbung fast aller Pflanzenteile. Höhe kaum 10 cm.

Reihe S. 2b. (Kaliumbisulfat; ſtarke Gabe).

205/07 (ohne Kalk).

Wie schon in den Beobachtungen vom 2. Juli 1912 angeführt, ist die Entwicklung des Pflanzenbestandes dieser drei Parallelgefäße eine sehr verschiedene. Während Nr. 206 sich noch einigermaßen entwickelt hat, sind die beiden anderen Gefäße sehr zurück geblieben und zeigen ein krankes Aussehen. Man könnte vermuten, daß dieser auffälligen Erscheinung eine unbekannte Ursache zu Grunde liegt. Ein Fehler in der Düngung dürfte bei der genauen Kontrolle im Ansetzen des Versuches ausgeschlossen sein. Vorläufig ist schwer ein sicheres Urteil zu bilden. Die Entwicklung von Gefäß 206 ist einigermaßen kräftig, gegenüber den entsprechenden Gefäßen der Reihe S. 2a bedeutend geringer. Auch das Aussehen der Pflanzen ist ein gesundes. Farbe etwas blaßgrün; Höhe etwa 20 cm.

208/10 (0,2 % Kalk).

In der Entwicklung sehr zurück. Farbe der Pflanzen größtenteils gelb, daneben ziemlich intensive Rotfärbung.

211/13 (0,5 % Kalk).

Gegenüber voriger Gruppe noch geringer in der Entwicklung. Aussehen der Pflanzen durchweg gelb mit recht intensiver Rotfärbung.

214/16 (0,8 % Kalk).

In der Entwicklung am allerschwächsten. Ebenso im Aussehen am ungünstigsten. Sehr intensive Gelb- und Rotfärbung der Pflanzen. Teilweise sind die Blätter schon abgefallen!

Reihe S. 3a. (Chlorkalium; schwache Gabe).

217/19 (ohne Kalk).

Sehr kräftige Entwicklung der Pflanzen. Allerdings nicht so stark wie bei den entsprechenden Gefäßen der Reihen S. 1a und S. 1b. (Kaliumkarbonat; schwache und starke Gabe). Farbe gesund dunkelgrün; Höhe etwa 25 cm.

220/22 (0,2 % Kalk).

Etwas schwächer in der Entwicklung gegenüber voriger Gruppe. Farbe ebenfalls dunkelgrün. Höhe etwa 20 cm. Gefäß Nr. 222 ist gegenüber den beiden anderen etwas geringer in der Entwicklung, auch in der Farbe etwas blasser; ebenso ist hier teilweise eine Rotfärbung der Blattstiele wahrzunehmen.

223/25 (0,5 % Kalk).

Infolge bedeutend schwächerer Entwicklung gegen vorige Gruppe sehr zurücktretend. Höhe nur ca. 10—12 cm. Farbe mehr blaßgrün, daneben eine ziemlich deutliche Rotfärbung der Blattstiele und Keimblätter.

226/28 (0,8 % Kalk).

Gegenüber Gruppe 223/25 noch geringer in der Entwicklung. Farbe teilweise noch blaßgrün, meist gelb; daneben intensive Rotfärbung. Gefäß 226 etwas stärker gelb gefärbt. Höhe kaum 10 cm.

Reihe S. 3b. (Chlorkalium; starke Gabe).

229/31 (ohne Kalk).

Pflanzen ziemlich kräftig entwickelt, gegen die entsprechenden Gefäße der Reihe S. 3a aber sehr zurück. Farbe bedeutend blasser; Höhe 15—20 cm.

232/34 (0,2 % Kalk).

In der Entwicklung erheblich gegen letzte Gruppe zurück. Farbe blaßgrün mit teilweise ziemlich starker Rotfärbung. Höhe etwa 12 cm.

235/37 (0,5 % Kalk).

Noch mehr gegen vorige Gruppe zurück. Farbe blaßgrün, teilweise gelb. Intensive Rotfärbung. Höhe etwa 10 cm. Auf Gefäß 235 fehlt eine Pflanze!

238/40 (0,8 % Kalk).

Recht schwache Entwicklung. Farbe blaßgrün bis gelb, einige Pflanzen vollständig gelb, ebenso sehr intensive Rotfärbung.

Teilweise Abfall der Blätter. Gefäß Nr. 239 etwas besser entwickelt.

Reihe S. 4 (ohne Kali).

313/15 (ohne Kalk).

Entwicklung der Pflanzen recht gut. Gegenüber den entsprechenden Gruppen der Reihen S. 1a und S. 1b (Kaliumkarbonat) geringer, aber noch besser wie in Reihe S. 2a. (Kaliumbisulfat; schwache Gabe). Gesunde dunkelgrüne Farbe; Höhe 25—30 cm.

316/18 (0,2 % Kalk).

Ebenfalls noch gute Entwicklung, jedoch schwächer wie in voriger Gruppe. Farbe etwas blaßgrüner; teilweise angedeutete Rotfärbung der Blattstiele; Höhe 15—20 cm.

319/20 und 393 (0,5 % Kalk).

Entwicklung deutlich gegen vorige Gruppe abfallend. Farbe blaßgrün, teilweise gelb. Intensive Rotfärbung; Höhe 10—12 cm. Bestand auf Gefäß 393 etwas geringer.

394/96 (0,8 % Kalk).

In der Entwicklung stark zurück. Farbe der Pflanzen mehr gelblich. Sehr intensive Rotfärbung.

Lehm.

Hier läßt sich über Einzelunterschiede, wie sie beim Sandversuch sehr deutlich zu beobachten sind, fast gar nichts sagen. Das gesamte Bild des Lehmversuches ist ein viel gleichmäßigeres. Der Bestand ist jetzt als ein recht gut ausgeglichener zu bezeichnen. Die Pflanzen zeigen ein kräftiges Aussehen, sind aber — wie schon erwähnt — im Verhältnis zu den Sandpflanzen bedeutend geringer. Auch ihre Farbe ist nicht so gesund dunkelgrün, sondern mehr hellgrün zu nennen. Die Höhe der Pflanzen beträgt im großen Durchschnitt 15—20 cm. Alle Gefäße mit hohem Kalkgehalt bleiben inbezug auf die Entwicklung der Pflanzen etwas hinter denen mit niederem Kalkgehalt zurück. Fast

überall ist die Andeutung einer Rotfärbung der Blattstiele zu bemerken, scheinbar etwas mehr in den Reihen mit stärkerer Kaligabe.

Beobachtung vom 15. August 1912.

Dies ist die letzte Vegetationsbeobachtung, welche etwa acht Tage vor der Ernte des Versuchs gemacht wurde und so gewissermaßen das Resultat des ganzen Versuches zu erkennen gibt. Infolgedessen wurde sie mit besonderer Genauigkeit ausgeführt und in gleicher Weise im folgendem niedergelegt. Gleichzeitig wurden eine Reihe photographischer Aufnahmen des gesamten Versuches angefertigt — dieselben sind am Schluß der Arbeit wiedergegeben —, welche die niedergelegten Beobachtungen noch unterstützen und das ganze Resultat des Versuches deutlicher erkennen lassen. Hierzu sei gleich bemerkt, daß für die photographischen Aufnahmen aus jeder Gruppe ein Gefäß ausgewählt wurde, welches in der Entwicklung etwa dem Durchschnitt der drei Parallelgefäße entsprach.

Sand.

Die Entwicklung der Pflanzen ist seit dem 20. Juli teilweise sehr kräftig fortgeschritten. Dies ist besonders auf allen Gefäßen ohne und mit schwachem Kalkzusatz (0,2 %) der Fall. Hier dürfte jetzt der höchste Grad der Entwicklungsfähigkeit erreicht sein, zumal die Pflanzen zur Zeit in voller Blüte stehen, die schon zu Beginn des Monats bei den kräftigsten Pflanzen einzutreten begann. Aber auch fast auf allen den Gefäßen, besonders bei mittlerem und hohem Kalkgehalt (0,5 und 0,8 %), wo anfangs die Entwicklung eine recht schwache war, ist in letzter Zeit noch ein leidlicher Fortschritt im Wachstum zu beobachten.

Die bei einigen Gefäßen aufgetretene recht intensive Gelb- und Rotfärbung der Pflanzen und einzelner Pflanzenteile ist in den meisten Fällen deutlich zurückgegangen, teilweise fast oder ganz geschwunden. Letzteres ist — was aus nachfolgenden Ein-

zelbeobachtungen noch klarer ersehen werden kann — besonders in den Reihen S. 1a und S. 1b (Kaliumkarbonat; schwache und starke Gabe), sowie in Reihe S. 3a (Chlorkalium; schwache Gabe) der Fall. Größtenteils in Reihe S. 3b (Chlorkalium; starke Gabe) und S. 4 (ohne Kali). Weniger dagegen in Reihe S. 2a und S. 2b (Kaliumbisulfat; schwache und starke Gabe), in welchen, besonders in letzterer, diese Erscheinungen auch jetzt noch deutlich zu erkennen sind. Auch ist hier bei den beiden hohen Kalkgaben (0,5 und 0,8 %) in beiden Reihen nur ein sehr schwacher Fortschritt in der Entwicklung der Pflanzen zu verzeichnen. Naturgemäß sind auch alle schwächer entwickelten Pflanzenbestände inbezug auf Eintritt der Blüte gegen die kräftiger entwickelten erheblich zurück. Während bei den Gefäßen mit mittlerem Kalkgehalt (0,5 %) die Blüte erst jetzt größtenteils beginnt, aber überall Blütenbildung vorhanden ist, tritt bei höchstem Kalkgehalt (0,8 %) diese vorläufig recht spärlich auf. Vermutlich wird es bei einigen Pflanzen, die am allerschwächsten entwickelt sind, überhaupt nicht dazu kommen.

Lehm.

Hier haben sich die Pflanzen in der Zwischenzeit verhältnismäßig auch recht gut weiterentwickelt. Die Unterschiede sind dieselben geblieben, haben sich aber etwas mehr vertieft. Die Gefäße mit hohem Kalkgehalt sind gegenüber denen mit niederem in allen Reihen deutlich im Wachstum zurück. Am intensivsten tritt bei dem Lehmversuch jetzt der Unterschied zwischen all den Reihen, die eine Kalidüngung in irgend einer Form erhalten haben, und der Reihe ohne Kali dadurch hervor, daß die letztere in der Entwicklung gegenüber den ersteren erheblich zurückgeblieben ist. Auch haben sich in letzter Zeit zwischen den verschiedenen Verbindungsformen der Kalidüngungen kleine Unterschiede im Wachstum ausgeprägt. So scheint hier, ganz im Gegensatz zu den Erscheinungen, wie sie auf dem Sand beobachtet wurden, bei der Düngung mit Kaliumbisulfat (Reihe L. 2a und L. 2b) eine etwas kräftigere Entwicklung eingetreten zu sein.

In der verschiedenen Stärke der Kalidüngungen waren bis auf die früher schon beobachtete nnd angeführte stärkere Entwicklung der Reihe L. 1b (Kaliumkarbonat; starke Gabe) gegenüber Reihe L. 1a (Kaliumkarbonat; schwache Gabe) keine augenscheinlichen Unterschiede festzustellen. Auch inbezug auf die Farbe der Pflanzen ist keine Änderung zu beobachten. Ihre Farbe ist gegenüber der gesund dunkelgrünen Farbe der Sandpflanzen noch immer mehr hellgrün zu bezeichnen. Die früher beobachtete Rotfärbung der Blattstiele scheint sich wieder mehr verloren zu haben.

Der Eintritt der Blüte ist hier bedeutend später erfolgt wie beim Sandversuch und steht naturgemäß in enger Beziehung zur ganzen Entwicklung der Pflanzen. Am weitesten vorgeschritten sind hierin die Gefäße mit wenig Kalk (ohne Kalkzusatz) in den Reihen L. 1a und L. 1b (Kaliumkarbonat; schwache und starke Gabe) sowie L. 2a und L. 2b (Kaliumbisulfat; schwache und starke Gabe). Alle übrigen Reihen sind in der Blüte noch sehr zurück; besonders Reihe L. 4 (ohne Kali).

Alles nähere ist in den folgenden Einzelbeobachtungen und Aufzeichnungen wiedergegeben.

Sand.

Reihe S. 1a (Kaliumkarbonat; schwache Gabe).

169/71 (ohne Kalk).

Sehr kräftig und gleichmäßig entwickelter Bestand. Gesunde dunkelgrüne Farbe; Höhe 70—80 cm.

172/74 (0,2 % Kalk).

Etwas geringer. aber doch recht dichter Bestand, nur teilweise ungleichmäßig entwickelt. Gefäß 173 etwas zurück. Farbe ebenfalls dunkelgrün; Höhe 70—75 cm.

175/77 (0,5 % Kalk).

Gegen 172/74 bedeutend schwächer entwickelt. Bestand sehr unausgeglichen. Gefäß 175 sehr viel geringer; 176 kräftiger im Durchschnitt. Farbe mehr hellgrün; Höhe etwa 60 cm.

178/80 (0,8 % Kalk).

Im Durchschnitt noch geringer wie vorige Gruppe; auch sehr unausgeglichen im Bestand. Gefäß 178 etwas kräftiger entwickelt. Farbe ebenfalls ziemlich hellgrün; Höhe 50—60 cm.

Reihe S. 1b (Kaliumkarbonat; starke Gabe).

181/83 (ohne Kalk).

Sehr kräftiger und gut ausgeglichener Bestand, welcher denjenigen der entsprechenden Gruppe 169/71 der Parallelreihe S. 1a in Dichte noch zu übertreffen scheint. Farbe ebenfalls recht gesund und dunkelgrün; Höhe 75—80 cm.

184/86 (0,2 % Kalk).

Gegen vorige Gruppe im Wachstum geringer, aber ziemlich dichter Bestand. Farbe dunkelgrün; Höhe 60—70 cm.

187/89 (0,5 % Kalk).

Gegen letzte Gruppe stark zurück und bedeutend schwächer in der Entwicklung. Auf Gefäß 188 und 189 mehrere zurückgebliebene, gelblich resp. sehr schwachgrün gefärbte Pflanzen. Farbe sonst hellgrün; Höhe 45—50 cm.

190/92 (0,8 % Kalk).

Noch geringer wie 187/89. Auch hier einige Pflanzen, welche mehr gelb gefärbt, gegenüber anderen, die etwas kräftiger entwickelt sind und grünere Farbe zeigen. Gefäß 192 etwas kräftiger entwickelt; Höhe 40—45 cm.

Reihe S. 2a (Kaliumbisulfat; schwache Gabe).

193/95 (ohne Kalk).

Ziemlich kräftig entwickelter Bestand, jedoch erheblich geringer wie auf den entsprechenden Gefäßen der Reihe S. 1a und S. 1b, aber noch von gesunder und dunkelgrüner Farbe. Gefäß 194 etwas kräftiger, auf 195 zwei verkümmerte Pflanzen. Höhe 60—70 cm.

196/98 (0,2 % Kalk).

Etwas geringer wie die vorige Gruppe, aber noch verhältnismäßig kräftiger und gut ausgeglichener Bestand. Farbe ebenfalls noch ziemlich dunkelgrün; Höhe 50—55 cm.

199/201 (0,5 % Kalk).

Sehr unausgeglichener Bestand. Im Durchschnitt gegen letzte Gruppe sehr zurück und bedeutend schwächer. Gefäß 199 am stärksten; 201 am schwächsten. Farbe der kräftigeren Pflanzen mehr dunkel-, der schwächeren mehr hellgrün. Höhe 35 — 50 cm.

202/04 (0,8 % Kalk).

Gegen letzte Gruppe stark abfallend, aber besser ausgeglichen. Entwicklung der Pflanzen sehr schwach. Farbe gelbrot. Ziemlich intensive Rotfärbung der Stengel, Blattstiele und Blattränder. Die Blüten sind trotz der Schädigung ganz gut ausgebildet. Höhe etwa 25 cm.

Reihe S. 2b (Kaliumbisulfat; starke Gabe).

205/07 (ohne Kalk).

Die in den früheren Beobachtungen angeführte ungleichmäßige Entwicklung und teilweise recht stark aufgetretene Schädigung dieser drei Parallelgefäße hat sich nicht verloren, sondern inzwischen noch verstärkt. Gefäß 205 und 207 sind vollständig zurückgeblieben in der Entwicklung. Farbe blaßgrün bis gelb; Höhe nur etwa 30 cm. Auf 205 sind 2 etwas kräftiger entwickelte Pflanzen. Dagegen hat sich Gefäß 206 im Verhältnis der übrigen Reihe scheinbar normal entwickelt. Der Bestand ist hier gegenüber den entsprechenden Gefäßen der Parallelreihe S. 2a bedeutend schwächer. Die Farbe ist jedoch noch ziemlich dunkelgrün; Höhe ca. 60 cm.

208/10 (0,2 % Kalk).

In der Entwicklung gegen Gefäß 206 voriger Gruppe erheblich zurück. Im Bestand etwas unausgeglichen. Auf allen

Gefäßen verschiedene stark zurückgebliebene Pflanzen von hellerer Farbe. Gefäß 210 im ganzen geringer. Farbe der kräftiger entwickelten Pflanzen ziemlich dunkelgrün. Höhe 40—50 cm.

211/13 (0.5 % Kalk).

Gegen letztere Gruppe stark abfallend. Bestand auch hier etwas unausgeglichen. Gefäß 212 etwas geringer. Farbe hellgrün bis gelb. Rotfärbung der Stengel, Blattstiele und Blattränder, teilweise auch der ganzen Blätter. Höhe 25—35 cm.

214/16 (0,8 % Kalk).

Pflanzen vollständig zurückgeblieben. Starke Schädigung, die auf allen Gefäßen sehr ausgeglichen zur Geltung kommt. Auf Gefaß 215 sind einige Pflanzen ganz eingegangen. Intensivste Rotfärbung fast der ganzen Pflanzen. Höhe nur etwa 20 cm. Bemerkenswert ist, daß trotz der starken Schädigung einige zum Blühen gelangte Blüten ganz gut ausgebildet sind.

Reihe S. 3a (Chlorkalium; schwache Gabe).

217/19 (ohne Kalk).

Recht kräftige und ziemlich ausgeglichene Entwicklung der Pflanzen. Nicht so stark wie die der entsprechenden Gruppen der Reihen S. 1a und S. 1b (Kaliumkarbonat; schwache und starke Gabe), jedoch besser wie diejenigen in den Reihen S, 2a und S. 2b (Kaliumbisulfat; schwache und starke Gabe) und S. 4 (ohne Kali). Farbe gesund und dunkelgrün; Höhe 70—75 cm.

220/22 (0,2 % Kalk).

Ebenfalls kräftige Entwicklung, etwas geringer gegen letzte Gruppe, aber unausgeglichener. Gefäß 222 schwächer. Farbe ebenfalls dunkelgrün; Höhe 60—70 cm.

223/25 (0,5 % Kalk).

In der Entwicklung gegen vorige Gruppe deutlich zurück. Gefäß 224 etwas kräftiger. Farbe ziemlich dunkelgrün; Höhe 50—60 cm.

226/28 (0,8 % Kalk).

Wachstum hat noch mehr abgenommen. Gefäß 226 etwas schwächer. Farbe auch noch ziemlich dunkelgrün; Höhe 40 — 50 cm.

Reihe S. 3b (Chlorkalium; ſtarke Gabe).

229/31 (ohne Kalk).

Recht kräftige Entwicklung. Allerdings schwächer gegenüber der entsprechenden Gruppe der Parallelreihe mit schwacher Chlorkaliumgabe. Gut ausgeglichen. Farbe gesund dunkelgrün; Höhe 60—70 cm.

232/34 (0,2 % Kalk).

Gegenüber voriger Gruppe bedeutend geringer. Gut ausgeglichener Bestand. Farbe ziemlich dunkelgrün; Höhe 45 — 50 cm.

235/37 (0,5 % Kalk).

Diese und folgende Gruppe haben sich in letzter Zeit noch verhältnismäßig gut entwickelt. Bestand etwas recht unausgeglichen. Ein Teil der Pflanzen ist zurückgeblieben und zeigt eine mehr hellgrüne Farbe, während die größeren Pflanzen meist mehr dunkelgrün sind; Höhe 30—40 cm.

238/40 (0,8 % Kalk).

Gegenüber voriger Gruppe geringer. Bestand fast noch unausgeglichener. Gefäß 238 bedeutend kräftiger als 239 und 240. Die mehr zurückgebliebenen Pflanzen zeigen eine sehr blaßgrüne Farbe und teilweise Rotfärbung. Höhe 25—35 cm.

Reihe S. 4 (ohne Kali).

313/15 (ohne Kalk).

Sehr kräftiges Wachstum. Die Pflanzen sind in dieser und nächster Gruppe (316/18; 0,2 % Kalk) inbezug auf ihre Höhe geringer wie die der entsprechenden Gruppen in den Rei-

hen S. 3a und S.3b (Chlorkalium; schwache und ſtarke Gabe). Jedoch in der Entwicklung scheinbar kräftiger. Besonders fällt es auf, daß hier die Belaubung viel stärker iſt und die Blätter viel kleiner und zierlicher gebaut sind. Farbe gesund dunkelgrün; Höhe 60—65 cm.

316/18 (0,2 % Kalk).

Geringer wie vorige Gruppe in Höhe. Für die Entwicklung, die hier auch noch recht kräftig ist, gilt gegenüber den Reihen S. 3a und S. 3b das gleiche, besonders inbezug auf die Ausbildung der Blätter. Gefäß 318 gegenüber den beiden anderen etwas schwächer. Farbe dunkelgrün; Höhe 50—60 cm.

319/20 und 393 (0,5 % Kalk).

In der Entwicklung bedeutend schwächer wie letzte Gruppe. Gefäß 393 etwas zurück. Farbe noch ziemlich dunkelgrün; Höhe 35—45 cm.

394/96 (0,8 % Kalk).

In der Entwicklung am meisten zurück. Gefäß 394 etwas besser entwickelt. Farbe der Pflanzen mehr hellgrün, teilweise gelblich mit schwacher Rotfärbung. Höhe 30—40 cm.

Lehm.

Reihe L. 1a (Kaliumkarbonat; schwache Gabe).

397/99 (ohne Kalkzusatz).

Ziemlich kräftige Entwicklung; gleichmäßiger Bestand; Farbe hellgrün; Höhe etwa 50 cm.

400/02 (mit Kalkzusatz).

In der Entwicklung gegen vorige Gruppe deutlich zurück. Bestand etwas unausgeglichen. Gefäß 401 besser entwickelt. Farbe hellgrün; Höhe 40—50 cm.

Reihe L. 1b (Kaliumkarbonat; ſtarke Gabe).

403/05 (ohne Kalkzuſatz).

Kräftigere Entwicklung wie bei entsprechender Gruppe der Reihe L. 1a. (Kaliumkarbonat). Gleichmäßiger Bestand. Farbe hellgrün; Höhe 50—60 cm.

406/08 (mit Kalkzuſatz).

Gegen letzte Gruppe in der Entwicklung deutlich geringer, etwa mit entsprechender Gruppe der Reihe L. 1a gleichzustellen. Ziemlich ausgeglichener Bestand. Farbe hellgrün: Höhe 45—50 cm.

Reihe L. 2a (Kaliumbisulfat; schwache Gabe).

345/47 (ohne Kalkzuſatz).

Kräftigere Entwicklung wie bei den entsprechenden Gruppen voriger Reihen. Etwas unausgeglichen in Höhe der Pflanzen. Farbe hellgrün; Höhe 50—60 cm.

348/50 (mit Kalkzuſatz).

Gegen vorige Gruppe im Wachstum deutlich geringer, Ausgeglichener Bestand. Farbe hellgrün; Höhe 45—50 cm.

Reihe L. 2b (Kaliumbisulfat; ſtarke Gabe).

351/53 (ohne Kalkzuſatz).

Entwicklung gleich der entsprechenden Gruppe in Reihe L. 2a. Bestand gleichmäßig. Farbe hellgrün; Höhe 50—60 cm.

354/56 (mit Kalkzuſatz).

Gegen vorige Gruppe im Wachstum deutlich geringer, scheinbar etwas kräftiger wie entsprechende Gruppe der Reihe L. 2a. Bestand ziemlich gleichmäßig. Farbe hellgrün; Höhe 50—55 cm.

Reihe L. 3a (Chlorkalium; schwache Gabe).

357/59 (ohne Kalkzusatz).

In der Entwicklung etwa gleich entsprechender Gruppe der Reihe L. 1a. (Kaliumkarbonat; schwache Gabe). Gefäß 359 etwas kräftiger. Farbe hellgrün: Höhe 50—55 cm.

360/62 (mit Kalkzusatz).

Gegen vorige Gruppe in der Entwicklung deutlich zurück. Bestand ziemlich ausgeglichen. Farbe hellgrün; Höhe 35/45 cm.

Reihe L. 3b (Chlorkalium; starke Gabe).

363/65 (ohne Kalkzusatz).

In der Entwicklung gleich der entsprechenden Gruppe der Parallelreihe mit schwacher Chlorkaliumgabe. Gefäß 364 etwas geringer. Farbe hellgrün; Höhe 50—55 cm.

366/68 (mit Kalkzusatz).

Gegen vorige Gruppe in der Entwicklung erheblich geringer, auch etwas gegenüber der entsprechenden Gruppe der Reihe L. 3a. Gefäß 368 etwas zurückgeblieben. Farbe hellgrün; Höhe 30—40 cm.

Reihe L. 4 (ohne Kali).

115/17 (ohne Kalkzusatz).

Gegenüber allen übrigen Gruppen in der Entwicklung deutlich zurück. Bestand ziemlich unausgeglichen, Gefäß 115 bedeutend kräftiger entwickelt. Farbe hellgrün; Höhe 30—40 cm.

118/20 (mit Kalkzusatz).

Gegenüber voriger Gruppe in der Entwicklung im Durchschnitt wenig geringer. Bestand ebenfalls etwas unausgeglichen. Gefäß 118 kräftiger entwickelt. Farbe hellgrün; Höhe 30—35 cm.

Ernte des Versuchs.

Mit dem Stande der Entwicklung, wie er im Vorhergehenden aufgezeichnet und durch die photographischen Aufnahmen am Schluß der ganzen Arbeit wiedergegeben ist, konnte der Vegetationsversuch für vorliegenden Zweck als abgeschlossen betrachtet und seine Ernte vorgenommen werden.

Die Ernte erfolgte am 22. und 23. August 1912, und zwar wurde der Sandversuch am 22., der Lehmversuch am 23. August geerntet.

Für die Ertragsberechnung wurde nur die oberirdische Pflanzenmasse herangezogen, die Wurzeln blieben hierbei unberücksichtigt. Zu diesem Zwecke wurden die Pflanzen eines jeden Gefäßes etwa 1 cm. über der Bodenoberfläche abgeschnitten, zunächst grün gewogen und für die spätere Weiterverarbeitung zum Trocknen aufbewahrt. Die Erntezahlen der grünen Pflanzenmasse sind in den folgenden Tabellen niedergelegt. Hierzu sei bemerkt, daß die Einzelerträge nur auf 5 gr. genau gewogen wurden und deshalb die Mittelzahlen auch auf 5 gr. abgerundet sind. Die Erntezahlen der später noch einmal gewogenen, getrockneten Substanz sind in den am Schluß der Arbeit angefügten Tabellen wiedergegeben.

Nachdem der oberirdische Teil des Versuches abgeerntet war, wurden die Wurzeln, um ihre Ausbildung und vor allem die Knöllchenbildung nachzuprüfen, vorsichtig ausgehoben, teilweise — besonders bei Lehm, um die Seitenwurzeln nicht zu verletzen — ausgewaschen und untersucht, worauf an anderer Stelle noch eingehender zurückzukommen sein wird.

Erntetabellen.

Sand.

Reihe S. 1a und S. 1b (Kaliumkarbonat; schwache und starke Gabe).

Gefäß Nr.	Kalkgabe %	Kalkgabe gr. pr. Gef.	Art u. Stärke der Kalidüngung	Ernte (frisch) pr. Gefäß gr.	Ernte (frisch) Mittel gr.	Bemerkungen
169				755		1 Pfl. nachgpfl.
170	—	—		760	755	
171				745		1 „ „
172				675		
173	0,2	42	1 gr. Kali in Form von Kalium-karbonat	585	645	1 „ „
174				675		
175				(240) *)		2 „ „
176	0,5	105		495	495	
177				(340)		2 „ „
178				470		
179	0,8	168		(270)	470	2 „ „
180				(285)		3 „ „
181				870		
182	—	—		790	850	1 Pfl. nachgpfl.
183				895		
184				505		1 „ „
185	0,2	42	2,5 gr. Kali in Form von Kalium-karbonat	600	570	
186				605		
187				235		
188	0,5	105		245	235	
189				225		
190				(190)		1 „ „
191	0,8	168		(190)	275	1 „ „
192				275		

*) Die Resultate der eingeklammerten Gefäße wurden ausgeschaltet, weil sie durch das Nachpflanzen zu ungünstig beeinträchtigt sind.

Sand.

Reihe S. 2a und S. 2b (Kaliumbisulfat; schwache und starke Gabe).

Gefäß Nr.	Kalkgabe %	Kalkgabe gr, pr. Gef.	Art u. Stärke der Kalidüngung	Ernte (frisch) pr. Gefäß gr.	Ernte (frisch) Mittel gr.	Bemerkungen
193				555		1 Pfl. nachgpfl.
194	—	—		680	570	
195				475		2 verkümrt. Pfl.
196				425		
197	0,2	42	1 gr. Kali	465	455	
198			in Form von	470		
199			Kalium-	400		
200	0,5	105	bisulfat	340	335	
201				260		
202				110		
203	0,8	168		190	150	
204				150		
205				(140)		stark. Schädig.
206	—	—		340	340	
207				(70)		„ „
208				290		
209	0,2	42	2,5 gr. Kali	295	295	
210			in Form von	(175)		1 Pfl. nachgpfl.
211			Kalium-	175		1 „ „
212	0,5	105	bisulfat	125	160	1 „ „
213				175		1 „ „
214				70		
215	0,8	168		70	70	2 „ „
216				70		1 „ „

Sand.

Reihe S. 3a und S. 3b (Chlorkalium; schwache und starke Gabe).

Gefäß Nr.	Kalkgabe %	Kalkgabe gr. pr. Gef.	Art u. Stärke der Kalidüngung	Ernte (frisch) pr. Gefäß gr.	Ernte (frisch) Mittel gr.	Bemerkungen
217				685		1 Pfl. nachgpfl.
218	—	—		590	650	
219				675		
220				550		
221	0,2	42	1 gr. Kali	595	575	
222			in Form von	(330)		3 „ „
223			Chlor-	315		
224	0,5	105	kalium	375	345	
225				(260)		2 „ „
226				(130)		2 „ „
227	0,8	168		245	220	
228				190		1 „ „
229				560		1 „ „
230	—	—		540	535	1 „ „
231				500		1 „ „
232				290		2 Pfl. nachgfl, 1 Pfl. fehlt
233	0,2	42	2,5 gr. Kali	290	295	
234			in Form von	300		2 Pfl. nachgpfl.
235			Chlor-	150		2 „ „
236	0,5	105	kalium	180	180	2 „ „
237				205		2 „ „
238				145		2 „ „
239	0,8	168		265	170	1 „ „
240				100		1 „ verkümrt.

Sand.

Reihe S. 4 (ohne Kali).

Gefäß Nr.	Kalkgabe %	Kalkgabe gr. pr. Gef.	Art u. Stärke der Kalidüngung	Ernte (frisch) pr. Gefäß gr.	Ernte (frisch) Mittel gr.	Bemerkungen
313				630		
314	—	—		670	635	
315				605		1 Pfl. nachgpfl.
316				510		
317	0,2	42		520	485	
318			Ohne Kali	420		
319				295		
320	0,5	105		315	280	2 „ „
393				230		2 „ „
394				235		
395	0,8	168		185	185	
396				135		

Lehm.

Reihe L. 1a und L. 1b
(Kaliumkarbonat; schwache und ſtarke Gabe).

Reihe L. 2a und L. 2b
(Kaliumbisulfat; schwache und ſtarke Gabe).

Gefäß Nr.	Kalkgehalt %	Zuſatz gr. pr. Gef.	Art u. Stärke der Kalidüngung	Ernte (frisch) pr. Gef. gr.	Ernte (frisch) Mittel gr.	Bemerkungen
397				365		2 Pfl. nachgpfl.
398	1,25	—	1 gr. Kali	370	380	1 „ „
399			in Form von	410		
400			Kalium-	265		
401	3,0	329	karbonat	395	310	
402				265		2 „ „
403				400		1 Pfl. nachgpfl.
404	1,25	—	3 gr. Kali	425	415	
405			in Form von	420		
406			Kalium-	(245)		1 „ „
407	3,0	329	karbonat	325	320	
408				320		
345				450		
346	1,25	—	1 gr. Kali	460	455	
347			in Form von	(380)		1 Pfl. nachgpfl.
348			Kalium-	290		1 „ „
349	3,0	329	bisulfat	315	320	1 „ „
350				350		
351				460		
352	1,25	—	3 gr. Kali	430	445	
353			in Form von	450		
354			Kalium-	310		
355	3,0	329	bisulfat	370	340	
356				345		1 „ „

Lehm.

Reihe L. 3a und L. 3b (Chlorkalium; schwache und ſtarke Gabe). Reihe L. 4 (ohne Kali).

Gefäß Nr.	Kalkgehalt %	Zuſatz gr. pr. Gef.	Art u. Stärke der Kalidüngung	Ernte (frisch) pr. Gef. gr.	Ernte (frisch) Mittel gr.	Bemerkungen
357				430		
358	1,25	—	1 gr. Kali	(380)	460	1 Pfl. nachgpfl.
359			in Form von	490		
360			Chlor-	320		1 „ „
361	3,0	329	kalium	350	330	2 „ „
362				315		
363				420		
364	1,25	—	3 gr. Kali	(365)	435	1 Pfl. nachgpfl.
365			in Form von	450		
366			Chlor-	330		
367	3,0	329	kalium	330	330	
368				(245)		
115				330		
116	1,25	—		345	320	
117			ohne	285		1 Pfl. nachgpfl.
118			Kali	335		
119	3,0	329		305	280	
120				202		1 „ „

Wenn wir nach Abschluß des Vegetationsversuches die durch diesen gewonnenen Erntezahlen der grünen Subſtanz betrachten, so finden wir in ihnen die während der gesamten Vegetationszeit gemachten und im Vorhergehenden ausführlich niedergelegten Beobachtungen jetzt zahlenmäßig beſtätigt. Es bleibt uns nun weiterhin die Aufgabe, alle die bei dem Versuch aufgetretenen Erscheinungen eingehend zu prüfen und ihre Ursache nach Möglichkeit feſtzuſtellen, um dadurch eine Klärung der dem Versuch zugrunde gelegten Fragen herbeiführen zu können.

Verfolgen wir zu diesem Zweck zunächſt an Hand der Ernteresultate und der Vegetationsbeobachtungen die Wirkungen des Kalkes, so können wir in allen Teilen des Versuches seinen mehr oder weniger ſtark hervorgetretenen, die Entwicklung der Pflanzen hemmenden Einfluß feſtſtellen. Am deutlichſten prägt sich dieser bei dem Sandversuche aus. Hier bietet sich uns in dieser Beziehung — wenn wir vorläufig von den durch die Differenzdüngungen hervorgerufenen Wirkungen absehen — in allen Reihen ungefähr das gleiche Bild. Mit ſteigendem Kalkgehalt des Bodens iſt in allen Fällen eine mehr oder weniger ſtarke Verminderung der Ernte eingetreten.

Bei allen Gefäßen, die einen Zusatz von Kalk nicht erhalten haben, iſt ein günſtiges Wachstum der Lupinen feſtzuſtellen. Die Pflanzen sind normal und teilweise recht kräftig entwickelt und zeigen ein gesundes Aussehen von dunkelgrüner Farbe. Schon der schwächſte Zusatz von nur 0.2 % an kohlensaurem Kalk zum Boden hat diese günſtige Entwicklung der Pflanzen zu beeinträchtigen vermocht. Zwar iſt ihr Aussehen in den meiſten Reihen noch immer gesund und ihre Entwicklung verhältnismäßig kräftig, so daß hier von einer Schädigung eigentlich noch nicht gesprochen werden kann, aber es iſt doch schon eine deutliche Verminderung der Ernte eingetreten. Bei der nächſthöheren Zugabe von 0.5 % an kohlensaurem Kalk zum Boden tritt seine ungünſtige Einwirkung noch deutlicher in Erscheinung. Die Entwicklung der Pflanzen iſt erheblich geschwächt und damit teilweise eine ſtarke Verminderung der Ernte eingetreten. Auch das Aussehen der Pflanzen iſt ungünſtig beeinflußt. Die bei den anderen Gefäßen beobachtete üppig grüne Farbe hat hier einer

mehr blaßgrünen, teilweise sogar gelbgrünen Färbung Platz gemacht. Infolgedessen prägt sich hier der Einfluß des Kalkes in einigen Reihen schon als deutliche Schädigung aus. Als eine solche ist er bei höchstem Kalkzusatz (0,8 %) in allen Versuchsreihen durchweg zu bezeichnen. Hier ist die Entwicklung der Pflanzen teilweise nur äußerst gering und die Ernte auf ein Minimum herabgesunken. Auch kommt die starke Schädigung zum Teil in einer intensiven Gelb- und Rotfärbung der ganzen Pflanzen oder einzelner Pflanzenteile deutlich zum Ausdruck.

Naturgemäß hat sich der ungünstige Einfluß des Kalkes im Verlauf der Vegetation am frühesten dort bemerkbar gemacht, wo der Kalkgehalt des Bodens am höchsten war. Wie aus den Vegetationsbeobachtungen vom 12. Juni ersichtlich, tritt schon etwa 10 Tage nach dem Aufgange der Lupinen in einigen Reihen bei den beiden höchsten Kalkgaben von 0,5 und 0,8 % eine Verfärbung der Keimblätter und ersten Laubblätter ein. Diese Erscheinung verstärkt sich im weiteren Verlauf der Vegetation noch mehr. Bald ist auch der ungünstige Einfluß des hohen Kalkgehaltes in dem deutlichen Zurückbleiben der Entwicklung der Pflanzen gegenüber den Pflanzen ohne und mit schwacher Kalkdüngung zu erkennen. Bei letzteren ist ein Einfluß des schwachen Kalkzusatzes so früh noch nicht wahrzunehmen. Er tritt erst einige Zeit später erkennbar auf und prägt sich auch nicht wie bei den hohen Kalkgaben durch eine Verfärbung, sondern nur in einer schwächeren Entwicklung der Pflanzen gegenüber denen der kalkfreien Gefäßen aus.

Wir sehen demnach, daß sich bei dem **Sandversuch** der ungünstige Einfluß des Kalkes teilweise recht deutlich erkennbar gemacht hat. Schon geringe Kalkmengen im Boden haben genügt, um die Entwicklung der Pflanzen zu beeinträchtigen und die Ernte herabzusetzen. Größere Mengen sind den Pflanzen direkt verhängnisvoll geworden und haben ihre Entwicklung in höchstem Grade geschädigt.

Der **Lehmversuch** bietet in dieser Beziehung, infolge der besonderen Eigenschaften seines Bodens und der dadurch veränderten Grundbedingungen, ein etwas anderes Bild. Der Lehmboden besitzt normal schon einen verhältnismäßig hohen Kalk-

gehalt — in diesem Falle 1,25 % — gegenüber dem Sande. Man könnte deshalb nach den Erfahrungen, die man bei höchstem Kalkzusatz auf dem Sandboden gemacht hat, annehmen, daß hier eine noch intensivere Schädigung der Pflanzen eintreten müßte. Daß dies nicht der Fall ist, erklärt sich aus den ganz anderen Absorptionsverhältnissen des Lehmes, welche die schädigenden Eigenschaften des Kalkes in hohem Maße zu mildern vermögen. So kommt es, daß trotz des hohen Kalkgehaltes des Lehmbodens noch eine verhältnismäßig günstige Entwicklung der Pflanzen erzielt wurde, die allerdings die Entwicklung der Pflanzen auf kalkfreiem Sande nicht zu erreichen vermochte. Selbst bei noch weiterem Zusatz von kohlensaurem Kalk, wodurch der Gesamtkalkgehalt auf 3 % erhöht ist, haben sich die Pflanzen in allen Versuchsreihen noch recht kräftig entwickelt, und sind die Ernten teilweise nur um wenig vermindert. Von einer derartig intensiven Schädigung wie bei dem Sandversuch kann hier nicht die Rede sein. Allerdings ist das Aussehen der Pflanzen im ganzen etwas blasser, was ebenfalls auf den Einfluß des hohen Kalkgehalts zurückzuführen sein dürfte. Auch erklärt es sich aus dem vorbesprochenen Eigenschaften des Lehmbodens, daß die Unterschiede in der Entwicklung hier überhaupt nur sehr schwach zum Ausdruck kommen und erst viel später wie beim Sandversuch eingetreten sind. Jedenfalls ist auch hier ein ungünstiger Einfluß des Kalkes auf die Entwicklung der Pflanzen deutlich festzustellen, er ist nur infolge der besonderen Eigenschaften des Lehmbodens nicht so stark zum Ausdruck gekommen.

Diese in allen Teilen des Versuches in übereinstimmender Weise aufgetretenen Erscheinungen zeigen aber, daß der Kalk die vermutete Wirkung in vollem Maße ausgeübt hat, und daß hierdurch die für die Untersuchung der weiteren Fragen erforderlichen Grundbedingungen erfüllt sind.

Es ist nun unsere Aufgabe im folgenden, die Wirkung der den einzelnen Versuchsreihen neben den steigenden Kalkgaben verabfolgten Differenzdüngungen — deren Zweck in der Versuchsanordnung ausführlich besprochen ist — zu prüfen, um fest-

zustellen, welche dieser Zusatzdüngungen die durch den Kalk hervorgerufenen ungünstigen Erscheinungen noch verstärkt resp. welche sie vermindert haben.

Wie bei den früheren Betrachtungen, sollen auch hier Sand- und Lehmversuch getrennt behandelt, und zwar zunächst nur die in den einzelnen Versuchen aufgetretenen Erscheinungen näher erörtert werden. Über ihre Ursachen, und die daraus zu folgernden Erklärungen wird erst im Anschluß daran ausführlicher zu sprechen sein.

Um die Wirkungen der einzelnen Differenzdüngungen feststellen und vergleichen zu können, gehen wir bei unseren ganzen Betrachtungen am zweckmäßigsten von der Versuchsreihe aus, die gegenüber den anderen neben steigender Kalkgabe eine besondere Zusatzdüngung nicht erhalten hat. Hier tritt infolgedessen der Einfluß des Kalkes auf die Entwicklung der Pflanzen unvermindert hervor, und ist der Kalk allein als maßgebender Faktor für die Entwicklung der Pflanzen verantwortlich zu machen. Demnach bildet diese Reihe für uns gewissermaßen eine Normale, nach welcher wir die Wirkungen der Differenzdüngungen in den übrigen Reihen am besten beurteilen können.

Zum Vergleich sollen uns in erster Linie die gewonnenen Erntezahlen unter Berücksichtigung der gesamten Vegetationsbeobachtungen dienen. Und zwar glaubt Verfaßer hierbei von den Mittelzahlen der Ernten ausgehen zu dürfen, da die Parallelgefäße in dieser Beziehung im ganzen recht gut übereinstimmen. Nur sehr wenige Gefäße machen hiervon eine Ausnahme und mußten diese infolgedessen ausgeschaltet werden, was in den Tabellen mit entsprechender Begründung vermerkt ist.

Neben den Ernteresultaten bieten die photographischen Aufnahmen im ganzen ein übersichtlicheres Bild, doch sind sie für einen direkten Vergleich der Ernten weniger geeignet, da in ihnen mehr die Unterschiede der Pflanzen in ihrer äußeren Entwicklung als in ihren Erträgen zum Ausdruck kommen. Sie scheinen infolgedessen mit den Tabellen nicht ganz in Übereinstimmung zu stehen. Welche Bedeutung diese Erscheinungen speziell für unsere Betrachtungen haben, wird sich später zeigen, und sollen dann vor allen die photographischen Aufnahmen Berücksichtigung finden.

Wir beginnen mit der Betrachtung des Sandversuches.

Sand.

Ohne Zusatzdüngung.

(Reihe S. 4; vgl. phot. Aufn. Tafel I.)

Die Erntezahlen dieser Versuchsreihe bieten folgendes Bild:

Kalkgabe %	Ohne Kali Ernte in gr.
—	635
0,2	485
0,5	280
0,8	185

Obige Erntezahlen zeigen, daß sich der ungünstige Einfluß des Kalkes hier recht deutlich, und zwar entsprechend den steigenden Kalkgaben mit ziemlicher Regelmäßigkeit in der Verminderung der Ernte bemerkbar gemacht hat. Während bei den Gefäßen ohne Kalkzusatz eine recht gute Entwicklung der Pflanzen eingetreten, und eine verhältnismäßig hohe Ernte erzielt ist, fällt der Ertrag bei dem geringsten Kalkzusatz von 0,2 % schon um etwa $^1/_4$. Bei 0,5 % Kalk beträgt er kaum die Hälfte und bei höchster Kalkgabe (0,8 %) nur noch $^1/_4$ der auf kalkfreiem Boden erzielten Ernte. Hier ist eine sehr starke Schädigung der Pflanzen eingetreten, die sich auch in einer deutlichen Gelb- bis teilweise Rotfärbung der Blätter zu erkennen gibt. Aus den Vegetationsbeobachtungen geht hervor, daß der ungünstige Einfluß des Kalkes in dieser Reihe auch schon verhältnismäßig früh zu bemerken gewesen ist, besonders bei den beiden hohen Kalkgaben.

Vergleichen wir mit dieser Reihe die übrigen, die eine Zusatzdüngung in verschiedener Form erhalten haben, so ergeben sich zwischen ihnen teilweise recht erhebliche Unterschiede, die im folgenden bei Besprechung der übrigen Reihen näher erörtert werden sollen.

Kaliumkarbonat.

(Reihe S. 1a und S. 1b; vgl. phot. Aufn. Tafel I, Bild I.)

Zur Erleichterung der Übersicht sind die Erntezahlen dieser beiden Versuchsreihen der Vergleichsreihe ohne Zusatzdüngung in folgender Tabelle einander gegenübergestellt:

Kalkgabe %	Ohne Kali Ernte in gr.	Kaliumkarbonat schwach	Kaliumkarbonat stark
—	635	755	850
0,2	485	645	570
0,5	280	495	235
0,8	185	470	220

Hier sehen wir, daß in beiden Reihen eine weit günstigere Entwicklung der Pflanzen stattgefunden hat. Und zwar ist die Reihe mit schwacher Kaliumkarbonatdüngung am kräftigsten entwickelt. Diese auffallende Erscheinung macht sich in gleicher Weise auch bei den übrigen Parallelreihen mit schwacher und starker Kaligabe bemerkbar. Deshalb sei schon an dieser Stelle gesagt, daß wir ihre Ursache jedenfalls in einem Düngungsüberschuß der stärkeren Kaligabe zu suchen haben. Die in der schwächeren Zusatzdüngung verabfolgte Menge von 1 gr. Kali hat zu einer höchstmöglichen Entwicklung der Pflanzen ausgereicht; die stärkere Gabe hat dagegen schon eine Schädigung der Pflanzen verursacht. Eine Ausnahme hiervon machen nur die Gefäße ohne Kalkzusatz, bei denen in der Reihe mit starker Kaliumkarbonatgabe eine höhere Ernte zu verzeichnen ist.

Aus den Vegetationsbeobachtungen geht hervor, daß die günstigere Entwicklung dieser beiden Reihen schon verhältnismäßig früh zu erkennen war. Im weiteren Verlauf der Vegetation hat sich diese günstige Entwicklung noch verstärkt und in allen Kalkstufen eine zum Teil recht erhebliche Ertragssteigerung hervorgebracht.

Schon bei den Gefäßen ohne Kalk hat die Kaliumkarbonatdüngung eine höhere Ernte bewirkt, die sich — wie schon er-

wähnt — am deutlichsten bei der stärkeren Gabe ausprägt. Bei 0,2 % Kalk prägt sich der günstige Einfluß des Kaliumkarbonats bei schwächerer Gabe noch etwas deutlicher aus, bei starker Gabe ist er jedoch nur schwach zu erkennen und ist hier die Ernte im Vergleich zu den Ernten der Gefäße ohne Kalk geringer wie bei schwacher Kaliumkarbonatgabe. Es macht sich demnach hier schon ein ungünstiger Einfluß der Überschußdüngung bemerkbar. Bei 0,5 % Kalk hat sich die Ernte infolge der schwachen Kaliumkarbonatgabe beinahe verdoppelt. Dadurch zeigt sich der günstige Einfluß dieser Düngung gegenüber der schädigenden Wirkung des Kalkes sehr deutlich. Umso stärker tritt aber bei diesem Kalkgehalt auch der ungünstige Einfluß des Überschuß an Kali bei der stärkeren Kaliumkarbonatgabe in Erscheinung, die hier sogar schon eine deutliche Verminderung der Ernte bewirkt hat. Auffallenderweise ist eine weitere Ernteverminderung bei der höchsten Kalkgabe (0,8 %) nicht eingetreten, doch dürfte dies nur auf Zufälligkeiten zurückzuführen sein, da hier — besonders auf Gefäß 192 — einige Pflanzen ausnahmsweise recht kräftig entwickelt sind, wodurch der mittlere Ertrag eine erhebliche Erhöhung erfahren hat. Bei der schwachen Kaliumkarbonatgabe tritt hier die günstige Wirkung des Kalis am deutlichsten in Erscheinung. Die Ernte ist fast um das $2^1/_2$fache vermehrt und erreicht dadurch beinahe die Ernte bei mittlerer Kalkgabe (0,5 %). Infolgedessen kann man auch hier nicht in dem Sinne von einer Schädigung sprechen, wie sie bei den entsprechchenden Gefäßen in der Reihe ohne Zusatzdüngung zu erkennen ist. Der Kalk hat seinen ungünstigen Einfluß noch immer ziemlich deutlich bemerkbar gemacht, letzterer ist jedoch durch die Kaliumkarbonatdüngung sichtlich abgeschwächt.

Aus diesen beiden Versuchsreihen geht demnach, wenn wir von dem ungünstigen Einfluß der Überschußdüngung absehen, deutlich hervor, daß die Kaliumkarbonatdüngung auf die Entwicklung der Pflanzen an sich schon einen günstigen Einfluß ausgeübt hat, und weiter, daß dieser sich noch mehr geltend macht, wenn die Pflanzen durch hohen Kalkgehalt des Bodens beeinträchtigt sind, indem sie eine Verminderung der Schädigung herbeizuführen vermag.

Auf die hieraus zu folgernden Erklärungen soll erst nach Besprechung der übrigen Versuchsreihen näher eingegangen werden.

Kaliumbisulfat.

(Reihe S. 2a und S. 2b; vgl. phot. Aufn. Tafel II.)

Wir lassen zunächst wieder eine Zusammenstellung der Erträge der zu vergleichenden Reihen folgen.

Kalkgabe %	Ohne Kali Ernte in gr.	Kaliumbisulfat schwach	Kaliumbisulfat stark
—	635	570	340
0,2	485	455	295
0,5	280	335	160
0,8	185	150	70

Die beiden Versuchsreihen mit Kaliumbisulfat zeigen im Vergleich zu den beiden letztbesprochenen mit Kaliumkarbonat ein entgegengesetztes Bild. Während durch die Kaliumkarbonatdüngung die Entwicklung der Pflanzen in jedem Fall gesteigert wurde, ist durch die Kaliumbisulfatdüngung fast überall eine Verminderung der Ernte eingetreten.

Die Vegetationsbeobachtungen zeigen, daß ein Zurückbleiben in der Entwicklung der Pflanzen dieser beiden Reihen hinter den übrigen schon ziemlich früh wahrzunehmen gewesen ist. In der Farbe sind die Unterschiede schon sehr früh aufgetreten, und zwar war hier bei den höchsten Kalkgaben (0,5 und 0,8 %) in beiden Reihen eine intensive Gelbfärbung der Pflanzen zu erkennen, die sich in der Reihe mit starker Kaliumbisulfatdüngung auch schon bei den Gefäßen mit 0,2 % Kalkzusatz bemerkbar gemacht hat. Im weiteren Verlauf der Vegetation haben sich durch das stete Zurückbleiben dieser beiden Reihen die Unterschiede in der Entwicklung zwischen diesen und den übrigen erheblich vertieft, und prägt sich infolgedessen der ungünstige Einfluß der Kaliumbisulfatdüngung in den Erntezahlen beider Versuchsreihen teil-

weise mit grosser Deutlichkeit aus. Besonders schädlich ist, ebenso wie in den anderen Reihen, die doppelte Zusatzdüngung gewesen. Die Ernte nach den hohen Kaliumbisulfatgaben war in allen Kalkstufen nur etwa $^1/_2$ so groß als nach den niedrigen.

Vergleichen wir im Einzelnen die Erträge dieser Reihen mit denjenigen der Reihe ohne Zusatzdüngung, so sehen wir, daß schon bei den entsprechenden Gefäßen ohne Kalksusatz die schwache Kaliumbisulfatgabe eine Verminderung der Ernte herbeigeführt hat. Weit deutlicher prägt diese sich bei der stärkeren Gabe aus, wo — wie schon erwähnt — die Ernte nur die Hälfte der ersteren beträgt. Hierzu sei bemerkt, daß möglicherweise auch die in Erscheinung getretenen starken Schädigungen einer Reihe von Pflanzen dieser Gefäße — infolge deren zwei Gefäße ganz ausgeschaltet werden mußten — auf den ungünstigen Einfluß der starken Kaliumbisulfatdüngung zurückzuführen sind. Die Erntezahlen der entsprechenden Gefäße mit 0,2 % Kalk bieten im Verhältnis zueinander das gleiche Bild. Das Zusammenwirken der schwachen Kaliumbisulfatdüngung mit schwacher Kalkgabe hat die Ernte ebenfalls herabgesetzt. Bei der hohen Kaliumbisulfatgabe ist sie schon sehr stark gefallen und der ungünstige Einfluß der ersteren ist wie bei den Gefäßen dieser Reihe ohne Kalkzusatz an einer starken Schädigung einzelner Pflanzen zu erkennen.

Auffallenderweise ist in der nächsthöheren Kalkstufe (0,5 %) bei schwacher Kaliumbisulfatgabe eine etwas höhere Ernte zu verzeichnen. Die Erträge der einzelnen Parallelgefäße weichen hier etwas von einander ab. Aus den Vegetationsbeobachtungen geht hervor, daß ein Teil der Pflanzen im Verhältnis kräftiger entwickelt ist, während die übrigen eine deutliche Schädigung zeigen. Um diese und gleichartige, bei anderen Gefäßen mit höherem Kalkgehalt aufgetretenen Erscheinungen, zu erklären, sei darauf hingewiesen, daß die kräftigere Entwicklung einzelner Pflanzen auf den Eintritt einer Knöllchenbildung zurückzuführen ist, die bei der Untersuchung der Wurzeln dieser Pflanzen festgestellt wurde. Bei den schwächer entwickelten Pflanzen war eine Knöllchenbildung nicht zu erkennen. Die Ursache dieser Erscheinung, welche die Beurteilung des Resultates in gewissem Sinne beeinträchtigt hat, wird an späterer Stelle ausführlich zu erörtern sein.

Sehen wir deshalb bei unseren Betrachtungen von diesen Nebenerscheinungen ab und ziehen nur die schwächer entwickelten Pflanzen zur Beurteilung heran, so dürften wir auch hier eine ungünstige Einwirkung der schwachen Kaliumbisulfatdüngung feststellen können. In der gleichen Kalkstufe (0,5 %) bei starker Kaliumbisulfatgabe ist der ungünstige Einfluß der letzteren fast bei allen Pflanzen zu erkennen. Dieser prägt sich nicht nur in der sehr schwachen Entwicklung der Pflanzen und der dadurch bedingten starken Verminderung der Ernte aus, sondern vor allem in der intensiven Gelb- und Rotfärbung der Pflanzen, die auf eine starke Schädigung der Pflanzen schließen läßt. Bei höchster Kalkgabe (0,8 %) treten diese Erscheinungen naturgemäß am deutlichsten hervor. Bei schwacher Kaliumbisulfatdüngung ist ebenfalls eine Verminderung der Ernte eingetreten. Es war bei allen Pflanzen an ihrem Aussehen eine intensive Schädigung zu erkennen. Die hohe Kaliumbisulfatdüngung hat in Verbindung mit der höchsten Kalkgabe die Entwicklung der Pflanzen auf ein Minimum herabgesetzt. Die Schädigung ist hier eine vollständige.

Aus obigen Beobachtungen geht demnach hervor, daß die Kaliumbisulfatdüngung im Gegensatz zur Kaliumkarbonatdüngung nicht imstande gewesen ist, die durch den Kalk hervorgerufenen ungünstigen Einwirkungen auf das Pflanzenwachstum zu vermindern. Vielmehr hat das Kaliumbisulfat schon allein, ohne Gegenwart des Kalkes einen ungünstigen Einfluß auf die Entwicklung der Pflanzen ausgeübt. Gelangen beide gemeinsam zur Wirkung, so ist besonders bei hohen Gaben ihr ungünstiger Einfluß umso stärker in Erscheinung getreten.

Die Ursachen dieser Erscheinungen sollen ebenfalls erst nach Besprechung der weiteren Versuchsreihen näher erörtert werden.

Chlorkalium.

(Reihe S. 3a und S. 3b; vgl. phot. Aufn. Tafel III.)

Zur besseren Übersicht folgt wieder eine Zusammenstellung der Erträge der zu vergleichenden Versuchsreihen.

Kalkgabe %	Ohne Kali Ernte in gr.	Chlorkalium	
		ſchwach	ſtark
—	635	650	535
0,2	485	575	295
0,5	280	345	180
0,8	185	220	170

In den beiden Versuchsreihen mit Chlorkaliumdüngung sind so starke Unterschiede, wie sie die oben besprochenen Reihen gegenüber der Vergleichsreihe ohne Zusatzdüngung aufweisen, nicht wahrzunehmen. Jedoch ist auch hier bei schwacher Chlorkaliumdüngung eine Ernteſteigerung eingetreten, die sich allerdings nicht bei allen Kalkſtufen gleich deutlich ausprägt. Wie die Ernten der Gefäße ohne Kalkzusatz zeigen, hat die schwache Chlorkaliumgabe hier auffallenderweise eine Erhöhung der Ernte nicht zu bewirken vermocht, während bei Kalkzusatz in allen Stufen eine solche zu verzeichnen ist. Normalerweise hätte man bei den kalkfreien Gefäßen durch die Kalizusatzdüngung, entsprechend der günstigen Wirkung der Kaliumkarbonatdüngung, einen günstigen Einfluß auf die Entwicklung der Pflanzen erwarten können. Ein solcher ist jedoch nicht eingetreten. Es liegt deshalb die Vermutung nahe, daß der Grund dieser Erscheinung in einer ungünstigen Wirkung des hohen Clorgehaltes der Zusatzdüngung zu suchen ist. Es fiel zu Beginn der Vegetation — was in den hierüber gemachten Beobachtungen angeführt ist — auf, daß sich die Pflanzen in diesen beiden Versuchsreihen erheblich schlechter entwickelten wie in den übrigen, und daß besonders bei starker Chlorkaliumdüngung eine große Anzahl junger Pflanzen wieder einging. Doch haben sich keine näheren Anhaltspunkte, die eine Klärung dieser Erscheinungen geben könnten, finden laſſen.

Es sei gleich auf eine andere Erscheinung hingewiesen, die imstande ist, einen Beweis für die günstige Wirkung der Chlorkaliumzusatzdüngung zu erbringen. Wie schon angeführt, zeigen die entsprechenden Gefäße ohne Kalk der Vergleichsreihe ohne Zusatzdüngung und der schwachen Chlorkaliumgabe fast völlig gleiche Erträge. Vergleichen wir jedoch die photographischen

Aufnahmen der beiden Reihen miteinander, so sehen wir, daß die äußere Entwicklung der Pflanzen bei der Chlorkaliumzusatzdüngung eine ganz andere ist. Auf diese auffallende Erscheinung ist schon in den Vegetationsbeobachtungen hingewiesen. Die Entwicklung der Pflanzen bei schwacher Chlorkaliumdüngung ist in allen Kalkstufen eine viel stärkere wie in der Vergleichsreihe ohne Zusatzdüngung. Hier sind die Pflanzen bedeutend niedriger geblieben, aber im übrigen kräftiger entwickelt. Besonders ist die Belaubung eine viel stärkere, während die einzelnen Blätter selbst viel kleiner gebaut sind. Es fällt jedenfalls auf, daß trotz dieser ungleichen äußeren Entwicklung der Pflanzen die Ernten der entsprechenden Gefäße so gut übereinstimmen. Die Erscheinung aber, daß bei der Kalizusatzdüngung die äußere Entwicklung der Pflanzen eine ganz andere ist, läßt sich auch in den übrigen schon besprochenen Versuchsreihen mit Kalizusatzdüngung nachweisen, und kommen die hierdurch hervorgerufenen Unterschiede in der Entwicklung der Pflanzen auch — bei genauer Betrachtung — in den photographischen Aufnahmen zur Geltung. Sie sind bei diesen nur infolge der verschiedenen Höhe der Ernten nicht so deutlich zu erkennen, während sie auf den kalkfreien Gefäßen bei teilweise völlig gleicher Ernte stark hervortreten.

Wie erinnerlich, war in der Einleitung der Erntebesprechungen darauf hingewiesen, daß für den Vergleich der einzelnen Versuchsreihen in erster Linie die Ernteergebnisse berücksichtigt werden sollten, weniger die photographischen Aufnahmen, und findet diese Maßnahme durch das eben Angeführte ihre Rechtfertigung. Auf die Frage, worauf diese Entwicklungsunterschiede zurückzuführen sind, soll an geeigneter Stelle näher eingegangen werden.

Außer diesen Entwicklungsunterschieden zwischen den beiden eben besprochenen Reihen ist zu erwähnen, daß sich bei schwacher Chlorkaliumdüngung gegenüber der Vergleichsreihe ohne Zusatzdüngung der ungünstige Einfluß hoher Kalkgaben (0,5 und 0,8 %) nicht so deutlich in einer Verfärbung der Pflanzen erkennbar machte. Hier haben die Pflanzen laut Vegetationsbeobachtungen im ganzen eine mehr grüne Farbe aufzuweisen, gegenüber der teilweise recht deutlich eingetretenen Gelbfärbung in der Reihe ohne Chlorkaliumdüngung.

Die starke Chlorkaliumgabe hat wieder eine deutliche Verminderung der Ernte bewirkt. Und zwar prägt diese sich beim Chlorkalium kräftiger wie beim Kaliumkarbonat, aber nicht so intensiv wie beim Kaliumbisulfat aus. Das Chlorkalium nimmt auch in dieser Beziehung gewissermaßen eine Mittelstellung zwischen den beiden anderen Salzen ein.

Zur besseren Übersicht sind hierfür in nachfolgenden Tabellen die Erntezahlen aller Reihen mit schwachen sowohl wie mit starken Kaligaben neben denen der Reihe ohne Kalidüngung einander gegenübergestellt.

Kalkgabe %	Ohne Kali Ernte i. gr.	1 gr. **Kali** als: Kal. karb.	Kal. bisulf.	Chlorkalium
—	635	755	570	650
0.2	485	645	455	575
0,5	280	495	335	345
0,8	185	470	150	220

Kalkgabe %	Ohne Kali Ernte i. gr.	2,5 gr. **Kali** als: Kal. karb.	Kal. bisulf.	Chlorkalium
—	635	850	340	535
0,2	485	570	295	295
0,5	280	235	160	180
0,8	185	220	70	170

Auch ist in den besprochenen Versuchsreihen bei höherem Kalkgehalt des Bodens die früher schon beobachtete Erscheinung wahrzunehmen, daß einzelne Pflanzen gegenüber anderen kräftiger entwickelt sind, und dadurch die Ernten der einzelnen Parallelgefäße teilweise deutlich differieren. Dies ist ebenfalls auf den Eintritt einer Knöllchenbildung bei den betreffenden Pflanzen zurückzuführen und deshalb bei unseren vergleichenden Betrach-

tungen entsprechend zu berücksichtigen. Die zurückgebliebenen, schwächer entwickelten Pflanzen zeigen hier ebenfalls eine deutliche Schädigung, die sich in einer blaßgrünen bis gelbroten Färbung zu erkennen gibt.

Wir sehen aus vorliegenden Betrachtungen, daß das Chlorkalium gegenüber dem auf die Entwicklung der Pflanzen günstig wirkenden Kaliumkarbonat und dem sie schädigenden Kaliumbisulfat inbezug auf seine Wirkung eine Mittelstellung einnimmt. Dies geht — wie obige Tabelle deutlich zeigt — aus den Reihen, wo die Salze in schwacher Gabe zur Anwendung gelangt sind, wie auch aus denjenigen mit starker Gabe hervor, bei welcher wir nur die ungünstige Wirkung der Überschußdüngung zu berücksichtigen haben.

Jedenfalls können wir sagen, daß das Chlorkalium, in mässiger Gabe angewendet, ebenfalls eine Ertragssteigerung hervorzubringen vermag, was aus der Reihe mit schwacher Gabe zwar nicht überall zu erkennen ist, da hier scheinbar noch ein anderer Faktor seine Hand im Spiele hat, aber dennoch auf Grund aller anderen Erscheinungen angenommen werden kann.

Bevor wir an die Erklärung der im Vorhergehenden bei dem Sandversuch beobachteten Erscheinung herantreten, ist es zweckmäßig, zunächst auch den Lehmversuch einer gleichen Betrachtung zu unterziehen, um festzustellen, ob und in welcher Weise sich hier die Wirkungen der einzelnen Zusatzdüngungen bemerkbar gemacht haben.

Lehm.

Schon die Besprechungen der Wirkung des Kalkes bei dem Lehmversuch haben dargetan, daß sich hier sein Einfluß zwar auch in ungünstiger Weise bemerkbar gemacht hat, daß er jedoch infolge der starken Absorptionskraft des Lehmbodens in viel gemilderterer Form zum Ausdruck gekommen ist.

Traten hier schon die Kalkwirkungen, trotz der weit höheren Kalkgaben als beim Sandversuch nur recht schwach hervor, so sind zwischen den Wirkungen der einzelnen Differenzdüngun-

gen kaum merkliche Unterschiede wahrzunehmen. Infolgedessen dürfte es sich erübrigen, hier bei dem Lehmversuch eine getrennte Besprechung der einzelnen Zusatzdüngungen inbezug auf ihre Wirkung, wie es bei dem Sandversuch geschehen ist, vorzunehmen. Es soll deshalb im folgenden nur ein Überblick über das Ergebnis des gesamten Versuches gegeben werden, und sind zu diesem Zwecke die Erntezahlen der frischen Substanz in nachfolgenden beiden Tabellen — schwache und starke Kaligabe getrennt — nebeneinander angeführt.

Kalkgehalt %	Ohne Kali Ernte i. gr.	1 gr. **Kali** als: Kal. karb.	Kal. bisulf.	Chlorkalium
1,25 (ohne Zus.)	320	380	445	460
3,0 (mit Zusatz)	280	310	320	330

Kalkgehalt %	Ohne Kali Ernte i. gr.	3 g. **Kali** als: Kal. karb.	Kal. bisulf.	Chlorkalium
1,23 (ohne Zus.)	320	415	445	435
3,0 (mit Zusatz)	280	320	340	330

Verfolgen wir zunächst die über den Lehmversuch im Laufe der Vegetation gemachten Beobachtungen, so sehen wir, daß die Entwicklung aller Pflanzen hier immer eine ziemlich gleichmäßige war. Einzelne Unterschiede sind erst verhältnismäßig spät zu erkennen gewesen und haben sich auch teilweise nur sehr schwach ausgeprägt, was durch das Gesamtbild der Erntezahlen bestätigt wird. Am frühesten und auch am deutlichsten trat neben den durch verschieden hohen Kalkgehalt hervorgerufenen schwachen

Unterschieden nur in allen Reihen mit Kalizusatzdüngung eine bessere Entwicklung der Pflanzen gegenüber der Reihe ohne eine solche in Erscheinung. Zwischen den einzelnen Zusatzdüngungen und ihren verschieden hohen Gaben waren anfangs keine Unterschiede festzustellen. Erst ziemlich am Ende der Vegetationszeit scheinen sich auch hier ganz geringe Unterschiede bemerkbar zu machen, die auch in der Ernte, teilweise allerdings nur sehr schwach, zum Ausdruck kommen.

Am deutlichsten tritt der Unterschied zwischen der Reihe ohne Kalidüngung und denen mit einer solchen in irgend einer Form hervor. Durch die Kalizusatzdüngung sind die Erträge in allen Fällen sowohl bei schwacher wie bei starker Gabe gesteigert. Von einem ungünstigen Einfluß der Überschußdüngung, wie er sehr deutlich beim Sandversuch hervortrat, kann hier nicht die Rede sein. Der Grund hierfür dürfte auch in der stärkeren Absorptionsfähigkeit des Lehmbodens liegen.

Im Gegensatz zu dem Resultat des Sandversuches scheint hier auffallenderweise die Düngung mit Kaliumbisulfat und Chlorkalium günstiger als die Kaliumkarbonatdüngung gewirkt zu haben, was besonders in den Reihen mit schwachen Kaligaben zu erkennen ist. Eine Erklärung dieser gegensätzlichen Erscheinung müssen wir ebenfalls in den besonderen Absorptionseigenschaften des Lehmbodens suchen.

Es dürfte deshalb verfehlt sein, den größtenteils nur sehr wenig differierenden Ernteresultaten irgend welchen besonderen Wert beizumessen, da sie zu sehr von Zufälligkeiten abhängig sind. Die ganze Erscheinung, daß sich die Wirkungen der einzelnen Differenzdüngungen nicht deutlicher ausgeprägt haben, muß ebenso, wie die viel schwächer hervorgetretenen Kalkwirkungen, auf das starke Absorptionsvermögen des Lehmbodens zurückgeführt werden, durch welches bei diesem alle die bei dem Sande so deutlich hervorgetretenen Unterschiede in den Wirkungen der einzelnen Düngungen mehr ausgeglichen und verwischt sind.

Nach diesen Betrachtungen können wir nunmehr im folgenden an die Beantwortung der oben gestellten Fragen herantreten. Und zwar handelt es sich zunächst darum, festzustellen, ob die in Erscheinung getretenen Schädigungen der Pflanzen durch den Kalk auf eine spezifisch ungünstige Wirkung des Kalkes, oder auf eine allgemein ungünstige Wirkung alkalisch reagierender Nährlösungen zurückzuführen sind.

Durch den Zusatz von kohlensaurem Kalk zum Boden hat die Bodenlösung einen alkalischen Charakter angenommen. Wir haben gesehen, daß dieser Zusatz auf die Entwicklung der Lupinenpflanzen einen ungünstigen, bei hohen Gaben von kohlensaurem Kalk sogar einen stark schädigenden Einfluß ausgeübt hat. Hieraus war aber ohne weiteres nicht zu erklären, ob dieser ungünstige Einfluß auf die durch den Kalkzusatz hervorgerufene alkalische Reaktion der Bodenlösung oder direkt auf eine spezifische Wirkung des Kalkes zurückzuführen sei. Um dies feststellen zu können, haben wir durch Zusatz von Kaliumkarbonat die alkalische Reaktion der Bodenlösung noch gesteigert. Es sei hierzu bemerkt und muß berücksichtigt werden, daß der kohlensaure Kalk erst durch Säure, das kohlensaure Kalium schon in Wasser löslich ist. Infolgedessen vermag der Kalk nur eine verhältnismäßig schwache Alkalität gegenüber dem Kalium hervorzurufen. War also die alkalische Reaktion wirklich die Ursache der Schädigung, so mußte sich letztere infolge obiger Maßnahme noch deutlicher ausprägen.

Die betreffenden Versuchsreihen, die diese Zusatzdüngung erhalten haben, zeigen aber im Gegenteil in allen Kalkstufen eine teilweise recht erheblich gesteigerte Entwicklung. Dies ist schon bei den Gefäßen ohne Kalkzusatz der Fall. Hier kann überhaupt erst durch die Kaliumkarbonatdüngung auf die Bodenlösung ein Einfluß in alkalischer Richtung hervorgerufen sein. Wäre die Wirkung der alkalischen Reaktion als Ursache der Schädigung zu betrachten, so hätte sie sich hier unbedingt in dem Sinne bemerkbar machen müssen. Weit deutlicher zeigt sich dies noch bei der starken Kaliumkarbonatgabe ohne Kalkzusatz. Hier ist die alkalische Düngung noch verstärkt und trotzdem ist keine Schädigung, vielmehr eine noch üppigere Entwicklung der Pflan-

zen eingetreten. Ob diese günstige Entwicklung der Pflanzen nur auf einen günstigen Einfluß der alkalischen Reaktion oder auch auf noch andere Faktoren zurückzuführen ist, wird an späterer Stelle zu erörtern sein. Hier kommt es uns darauf an, feststellen zu können, daß die alkalische Reaktion der Nährlösung nicht als Schädiger der Pflanzenentwicklung in Betracht kommen kann.

Wie die weiteren Resultate dieser beiden Versuchsreihen zeigen, treten uns die gleichgünstigen Erscheinungen auch bei den Gefäßen entgegen, die einen mehr oder weniger starken Kalkzusatz erhalten haben. Überall ist trotz erhöhter Alkalität der Bodenlösung eine weit günstigere Entwicklung der Lupinenpflanzen eingetreten. Besonders stark prägt diese sich bei den höchsten Kalkgaben (0,5 und 0,8 %) mit schwacher Kaliumkarbonatdüngung aus. Hier haben sie in beiden Fällen die Ernten verdoppelt. Daß in den gleichen Kalkstufen bei starker Kaliumkarbonatgabe diese Erscheinung nicht so deutlich hervortritt, ist — wie schon bei Besprechung der Ernten erwähnt — auf den Einfluß der Überschußdüngung in der stärkeren Kaligabe zurückzuführen und kann deshalb bei diesen Betrachtungen außer Acht gelassen werden.

Wir sehen demnach schon aus dem Ergebnis dieser beiden Versuchsreihen, daß als Ursache der Schädigung nicht die alkalische Reaktion der Bodenlösung anzusprechen ist, sondern daß als solche mehr der spezifische Einfluß des Kalkes in Betracht zu kommen scheint.

Um eine Gegenprobe zu machen, haben wir in den beiden nächsten Versuchsreihen durch Zusatz des gleichen Salzes in gleicher Menge, jedoch in sauer reagierender Zusammensetzung, die durch den Kalk hervorgerufene alkalische Reaktion der Bodenlösung vermindert. Wäre der schädigende Einfluß des Kalkes auf eine ungünstige Wirkung der alkalischen Reaktion der Bodenlösung zurückzuführen, so mußte schon allein die saure Düngung unter Ausschluß des Kalkes, eine günstigere Entwicklung der Pflanzen herbeiführen. Weiterhin aber bei Kalkzusatz diese Düngung den schädigenden Einfluß der durch den Kalk hervorgerufenen alkalischen Reaktion mildern. Der Versuch hat

jedoch das Gegenteil gezeigt und damit die Ergebnisse der beiden vorigen Versuchsreihen bestätigt.

Schon bei den Gefäßen ohne Kalkzusatz hat die schwache Kaliumbisulfatdüngung eine Verminderung der Ernte herbeigeführt. Bei der hohen Kaliumbisulfatgabe prägt sich dies noch deutlicher aus. Allerdings muß bei dieser Versuchsreihe wieder berücksichtigt werden, daß die intensive Schädigung der Pflanzen zum Teil auch auf die Überschußdüngung zurückzuführen ist. Die vorliegende Tatsache beweist jedoch schon, daß die saure Reaktion der Bodenlösung einen ungünstigen Einfluß auf die Pflanzen ausgeübt hat. Damit gerät die Ansicht, daß die alkalische Reaktion die Ursache der ungünstigen Erscheinungen sei, noch mehr ins Wanken.

Verfolgen wir weiter die Wirkungen der sauren Düngung neben steigendem Kalkgehalt des Bodens und damit erhöhter Alkalität der Bodenlösung, so zeigt sich, daß hier von einer Milderung der Schädigungen durch die saure Reaktion der Düngung nicht die Rede sein kann. Vielmehr treten die allein schon durch den Kalk verursachten Schädigungen in Gegenwart des Kaliumbisulfats mit zunehmender Deutlichkeit in Erscheinung. Und zwar prägen sie sich nicht nur in einer viel schwächeren Entwicklung der Pflanzen und hierdurch verminderter Ernte, sondern vor allen in ihrem ungünstigen Einfluß auf den ganzen Habitus der Pflanzen aus. Dies ist besonders in der Reihe mit starker Kaliumbisulfatdüngung der Fall, bei welcher allerdings neben diesen Schädigungen auch wieder die ungünstigen Wirkungen der Überschußdüngung mitsprechen. Die Schädigungen, welche hier schon eine Reihe von Pflanzen bei den Gefäßen ohne Kalk zeigen, sind — wie oben angedeutet — möglicherweise auf einen ungünstigen Einfluß der sauren Reaktion zurückzuführen. Dagegen spricht aber, daß diese Schädigungen in dem gekalkten Boden noch deutlicher, und zwar mit großer Gleichmäßigkeit bei allen Pflanzen zu Tage treten, während doch zu vermuten ist, daß durch den höheren Kalkgehalt des Bodens eine Neutralisation der Säure eingetreten sein müßte. Man wird infolgedessen nach einer anderen Erklärung suchen müssen. Eine solche ist vielleicht darin zu finden, daß eine Umsetzung des

schwefelsauren Kalis mit dem kohlensauren Kalk des Bodens stattgefunden hat. Der hierdurch entstandene schwefelsaure Kalk ist aber leichter löslich als der kohlensaure Kalk. Dadurch kann die Kalkaufnahme noch verstärkt worden sein. Ob dies der Fall, ist vielleicht durch Aschenanalyse zu ermitteln.

Aus diesen beiden Versuchsreihen geht mit großer Deutlichkeit hervor, daß eine saure Düngung nicht imstande ist, die durch den Kalk hervorgerufenen Schädigungen der Pflanzen zu vermindern.

Wir hatten in den beiden vorigen Versuchsreihen mit alkalischer Düngung gesehen, daß die hierdurch gesteigerte alkalische Reaktion der Bodenlösung die Entwicklung der Pflanzen nicht geschädigt, vielmehr günstig beeinflußt hat, und konnten schon daraus den Schluß ziehen, daß die Schädigung der Pflanzen nicht auf eine ungünstige Wirkung der durch den Kalk hervorgerufenen alkalischen Reaktion, sondern auf einen spezifisch ungünstigen Einfluß des Kalkes zurückzuführen sei. Hier finden wir diese Vermutung in vollem Umfange bestätigt. Die saure Zusatzdüngung hat die durch den Kalk verursachte Schädigung nicht zu vermindern vermocht, sie müßte dies getan haben, wenn diese Schädigung auf einen ungünstigen Einfluß der durch den Kalk hervorgerufenen alkalischen Reaktion der Bodenlösung zurückzuführen wäre. Es ergibt sich demnach schon aus diesen beiden Teilen des Versuches mit voller Sicherheit, daß der Kalk eine spezifisch ungünstige Wirkung ausübt, und nicht seine alkalische Reaktion für die ungünstigen Erscheinungen verantwortlich zu machen ist.

Entsprechend den gegensätzlichen Wirkungen der beiden sich gegenüberstehenden Reaktionsformen der Zusatzdüngungen hat die neutrale Düngung in Form von Chlorkalium sich auch inbezug auf ihre Wirkung ziemlich neutral verhalten. Durch ihren Zusatz ist an der Reaktion der Bodenlösung nichts geändert, und wie die Ernten teilweise zeigen, auch auf diese ein besonderer Einfluß nicht ausgeübt worden, soweit wir bei der stärkeren Gabe von der ungünstigen Wirkung der Überschußdüngung absehen. Auf welche Ursachen die bei höheren Kalkzusätzen erfolgte Ertragssteigerung durch des Chlorkalium zurück-

zuführen ist, wird an anderer Stelle eingehender zu erörtern sein. Für uns ist es hier nur von Wichtigkeit, feststellen zu können, daß, im Vergleich mit den konträren Wirkungen der beiden anderen Salze, die neutrale Zusatzdüngung in höherem Maße einen Einfluß, weder in der einen noch der anderen Richtung ausgeübt hat.

Bei dem Lehmversuch ist, wie schon bei der Besprechung der Ernteresultate angeführt wurde, infolge des viel stärkeren Absorptionsvermögens des Lehmbodens, durch welches die Wirkungen der verschiedenen Zusatzdüngungen, sowohl inbezug auf ihre verschiedenen Reaktionsformen, wie auf ihre Stärke, verwischt sind, eine Bestätigung der bei dem Sand beobachteten Erscheinungen nicht möglich gewesen. Deshalb können wir, da der Sandversuch die zu behandelnde Frage in genügender Weise aufgeklärt hat, ohne Bedenken über das in dieser Beziehung negative Resultat des Lehmversuches hinwegsehen.

Hiermit dürfte auf Grund der besprochenen äußeren Erscheinungen die erste Frage als gelöst zu betrachten sein. Über die Ursachen der Erscheinungen werden wir später an Hand der bei den Untersuchungen der Ernten gefundenen Resultate noch eingehend zu sprechen haben.

Wir können zum Schluß dieser Erörterungen zusammenfassend sagen, daß die alkalische Reaktion der Nährlösung nicht schädlich, eher günstig, die saure Reaktion dagegen deutlich schädigend auf die Entwicklung der Lupinen gewirkt hat. Hieraus geht einwandfrei hervor, daß die Kalkempfindlichkeit der Lupine nicht auf eine allgemeine Abneigung der Pflanze gegen alkalisch reagierende Nährlösungen zurückgeführt werden kann, sondern lediglich auf einer speziellen Abneigung gegen den Kalk beruhen muß.

An dieses Ergebnis schließt sich nun die weitere Frage: Läßt sich diese spezifische Kalkempfindlichkeit der Lupine durch Zuführung von Kali einschränken oder beseitigen?

Zur Prüfung dieser Frage hatten wir in der Differenzdüngung des Versuches das Kalium als Faktor einbezogen. Es ist

demnach unsere Aufgabe im folgenden, speziell die Erscheinungen zu prüfen, die auf die Wirkung des Kaliums zurückzuführen sind.

Es mag an dieser Stelle darauf hingewiesen sein, daß die enge Verquickung dieser beiden Fragen in gewisser Weise einen großen Nachteil in sich birgt, da die Wirkungen der einzelnen Faktoren nicht genau von einander abzugrenzen sind. Doch glaubt Verfasser bei der umfangreichen und praktischen Anordnung des Versuches und besonders infolge verschiedener wichtiger Erscheinungen, eine ebenso einwandfreie Klärung auch dieser Frage durch denselben Versuch geben zu können.

Wir haben bei unseren früheren Betrachtungen gesehen, daß durch die Kaliumkarbonatdüngung eine teilweise recht erheblich günstigere Entwicklung der Pflanzen und eine damit verbundene starke Ertragssteigerung hervorgerufen ist. Diese Erscheinung haben wir bisher nur auf die Frage hin besprochen, ob eine alkalische Reaktion des Bodens ungünstig auf die Lupinen wirke, oder ob dies nicht der Fall sei. Es ist nun weiter die Frage zu erörtern, ob Kali eine spezifische Wirkung auf die Lupinen ausübt.

Um diese Frage zu beantworten, fassen wir die Wirkungen der schwachen Kaliumkarbonatgabe bei hohem Kalkgehalt des Bodens ins Auge. Hier ist gegenüber den entsprechenden Gefäßen der Reihe ohne Kalizusatzdüngung die Ernte ungefähr verdoppelt. Durch die großen Zusätze von kohlensaurem Kalk zum Boden ist die Reaktion der Bodenlösung hier eine stark alkalische. Wenn wir nun nach den früheren Beobachtungen annehmen können, daß die alkalische Reaktion der Bodenlösung einen günstigen Einfluß auf die Entwicklung der Lupinenpflanze auszuüben scheint, und sie demnach speziell alkalische Nährlösungen zu ihrem Aufbau bevorzugt, so dürften diese Bedingungen durch den starken Zusatz von kohlensaurem Kalk in vollstem Maße erfüllt sein. Der im Verhältnis zu der starken Kalkmenge geringe Zusatz an kohlensaurem Kali kann die Reaktion der Bodenlösung nicht erheblich mehr geändert haben. Infolgedessen ist nicht anzunehmen, daß die starke Steigerung der Ernte nur auf einen Einfluß der alkalischen Reaktion zurückzuführen

ist. Hier kommen lediglich günstige Kaliwirkungen in Betracht, die den ungünstigen Einfluß des Kalkgehaltes des Bodens vermindert haben. Auch bei der starken Kaligabe finden wir noch eine geringe Steigerung der Ernte, doch tritt hier schon der ungünstige Einfluß der Überschußdüngung in Erscheinung. Die schwache Kaligabe hat schon ausgereicht, um die Pflanzen zu einer höchstmöglichen Entwicklung zu bringen. Allerdings ist bei der starken Kaligabe bei den Gefäßen ohne Kalk gegenüber der schwachen Kaligabe noch eine weitere Steigerung der Erträge wahrzunehmen. Diese Erscheinung muß in erster Linie auf eine günstige Wirkung der Kalidüngung zurückgeführt werden, weniger auf einen günstigen Einfluß der alkalischen Reaktion. Es fehlt hier der Kalk, infolgedessen hat das Kali seinen günstigen Einfluß ungehindert ausüben können. Tritt der Kalk hinzu, so sehen wir sofort eine starke Verminderung der Ernte, was schon der schwache Kalkzusatz von 0.2 % in der Reihe mit starker Kaligabe sehr deutlich zeigt.

Die Kaliumbisulfatdüngungen kommen für die Besprechungen der Kalifrage nicht in Betracht. Diese haben in der einen oder anderen oben besprochenen Weise eine so starke Schädigung der Pflanzen hervorgerufen, daß die speziellen Kaliwirkungen nicht haben in Erscheinung treten können.

Dagegen mußte man annehmen, daß sich bei der Düngung mit Chlorkalium für diese Frage besonders geeignete Hinweise ergeben würden. Hier ist durch das neutrale Chlorkalium in der Reaktion der Bodenlösung keine Änderung erfolgt, und konnten deshalb die spezifischen Kaliwirkungen umso deutlicher zur Geltung kommen. Doch haben sich die diesbezüglichen Erwartungen nicht in vollem Maße erfüllt.

So ist bei den Gefäßen ohne Kalkzusatz trotz der schwachen Chlorkaliumgabe eine Steigerung der Ernte nicht eingetreten. Dagegen ist bei den höheren Kalkzusätzen durch das Chlorkalium eine Steigerung der Erträge wahrzunehmen, doch ist diese im Vergleich zu der günstigen Kaliwirkung bei schwacher Kaliumkarbonatdüngung nur gering, aber doch deutlich erkennbar.

Auf die Erklärung der Frage, weshalb hier der erwartete Einfluß der Kalidüngung nicht deutlicher hervorgetreten ist, wurde

schon bei Besprechung der Ernteresultate unter Bezugnahme auf die Vegetationsbeobachtungen hingewiesen. Es soll hier noch einmal betont werden, daß wir es bei der Düngung mit Chlorkalium zweifellos mit einem ungünstigen Einfluß des Chlors zu tun haben. Die Beobachtungen über die erste Entwicklung der Pflanzen zeigen deutlich, daß diese bei der Chlorkaliumdüngung wesentlich ungünstiger war, wie bei den übrigen Kalisalzen. Besonders die bei der stärkeren Chlorkaliumgabe in ausgedehntem Maße aufgetretenen Schädigungen vieler Pflanzen scheinen einen deutlichen Beweis hierfür zu liefern. Ob das Chlor nur auf die jungen Keimpflanzen ungünstig wirkt, oder ob es auch der Pflanze in ihrer späteren Entwicklung hinderlich ist, dürfte nicht ohne weiteres festzustellen sein. Jedenfalls ist durch das Chlor ein ungünstiger Einfluß auf die ganze Entwicklung der Pflanzen ausgeübt worden.

Weit deutlicher als in den Ernteresultaten prägt sich aber ein Einfluß der Kalidüngung in der ganzen Entwicklung der Pflanzen aus. Bei der Besprechung der Ernten ist darauf hingewiesen, daß bei allen Kalizusatzdüngungen die ganze Entwicklung der Pflanzen im Gegensatz zu der Reihe ohne Kalizusatzdüngung viel kräftiger war. Diese Erscheinung zeigt sich vor allem bei der schwachen Chlorkaliumdüngung und ist besonders deutlich in den photographischen Aufnahmen zu erkennen. Die etwas anormale Entwicklung der ganzen Pflanzen wie einzelner Pflanzenteile in der Reihe ohne Kalidüngung ist zweifellos auf einen Kalimangel zurückzuführen. Daß ein solcher vorliegt, geht aus den später zu besprechenden Untersuchungen der Erntesubstanzen hervor, bei denen die betreffenden Pflanzen einen im Verhältnis zu den normal ausgebildeten sehr geringen und unzureichenden Kaligehalt aufweisen. Erst durch die Kalizusatzdüngung konnte auf dem kaliarmen Sande eine normale Entwicklung der Pflanzen erfolgen.

Weiterhin sei noch darauf hingewiesen, daß die Pflanzen in den höheren Kalkstufen bei der Chlorkaliumdüngung, besonders bei der schwachen Gabe, eine viel gesundere Farbe zeigen und damit die Schädigungen durch den Kalk nicht so intensiv zur Geltung kommen lassen wie ohne Kalidüngung. Auch diese

Erscheinung dürfte in einer günstigen Wirkung der Kalidüngung zu suchen sein.

Es zeigt sich demnach, daß die Kalidüngung auch in diesem Fall einen günstigen Einfluß auf die Entwicklung der Pflanzen ausübt, und die durch den Kalk verursachten Schädigungen in gewissem Sinne gemildert hat, wenn dies auch infolge der vorerwähnten Nebenerscheinungen nicht so deutlich zur Geltung gekommen ist.

Den besten Beweis für die günstige Wirkung der Kalidüngung bietet uns der Lehmversuch. Hier sind infolge der starken Absorptionsfähigkeit des Lehmbodens alle beim Sandversuch durch die Reaktionsunterschiede der Zusatzdüngungen in Erscheinung getretenen Nebenwirkungen verwischt, und lediglich nur die spezifischen Kaliwirkungen zur Geltung gekommen. Da der Lehmboden gegenüber dem Sande schon einen verhältnismäßig hohen Kaligehalt besitzt, so hätte man annehmen können, daß eine weitere Zufuhr von Kali eine besondere Wirkung nicht hervorzurufen vermöchte. Es hat sich jedoch gezeigt, daß die Kalisalze infolge ihrer für die Pflanzen leicht aufnehmbaren Form in allen Versuchsreihen noch eine Ertragssteigerung hervorgerufen haben. Auch hier hat die Kalidüngung die durch den verhältnismäßig hohen Kalkgehalt des Lehmes verursachten ungünstigen Erscheinungen deutlich zu mildern vermocht. Wie die photographischen Aufnahmen zeigen, ist auch bei dem Lehmversuch ein günstiger Einfluß der Kalidüngung auf die äußere Entwicklung der Pflanzen zu erkennen. Derselbe prägt sich hier allerdings gleich allen anderen Erscheinungen nicht so deutlich aus.

Hiermit können wir auch die zweite Frage als gelöst betrachten und ihr Resultat dahin zusammenfassen: Das Kalium wirkt zweifellos günstig auf die Entwicklung der Lupine. Eine Kalidüngung unter Ausschluß des Kalkes hat schon ihren Einfluß in diesem Sinne geltend gemacht. Derselbe prägt sich umso deutlicher aus, wenn die Pflanzen durch höheren Kalkgehalt des Bodens in ihrer Entwicklung beeinträchtigt oder sogar geschädigt sind. In dem Falle vermag eine angemessene Kalidüngung diese ungünstigen Erscheinungen zwar nicht ganz aufzu-

heben, aber doch in hohem Maße zu mildern. Bei Anwendung zu hoher Gaben macht sich — was Versuch gezeigt hat — auch hier wie bei allen Salzen der Einfluß der Überschußdüngung in ungünstiger Weise bemerkbar.

Untersuchung der Ernten.

Wenn wir zwar schon auf Grund der bei dem Versuch aufgetretenen und im vorhergehenden erörterten äußeren Erscheinungen in der Lage waren, ein einwandfreies Urteil über das Resultat des Versuches abzugeben, und damit die uns gestellten beiden Hauptfragen zu beantworten, so war es doch noch weiter von Interesse, den Ursachen dieser Erscheinungen nachzugehen, um nach Möglichkeit eine genaue Erklärung der gesamten Vorgänge zu erhalten. Vor allem leitete uns hierbei auch der Gesichtspunkt, zu versuchen, der Prüfung der schon zu Beginn der Arbeit erörterten Frage, auf welche Ursachen überhaupt die Kalkempfindlichkeit der Lupine zurückzuführen ist, näherzutreten und weiter festzustellen, welche Bedeutung speziell das Kalium in dieser Beziehung für die Pflanze besitzt.

Zu diesem Zwecke wurde eine chemische Untersuchung der Ernten vorgenommen und zwar eine Bestimmung ihres Kalk- und Kaligehaltes, die allein einen Aufschluß über die betreffenden Fragen geben konnte.

Bevor wir näher auf die Resultate dieser Untersuchungen eingehen, sei zunächst einiges über die Weiterverarbeitung der Ernten und die Methoden der Analysen gesagt.

Nachdem die geernteten oberirdischen Pflanzenteile eines jeden Gefäßes zunächst getrocknet und sodann noch einmal gewogen waren — die Erntezahlen der getrockneten Substanz sind in den der Arbeit beigefügten Tabellen wiedergegeben —, wurden sie auf einer kleinen mit elektrischem Antrieb versehenen Mühle möglichst fein zerkleinert und die gemahlene Substanz eine zeitlang in dünner Schicht ausgebreitet, damit sie wieder die gewöhnliche Luftfeuchtigkeit annehmen konnte.

Um die Untersuchungen zu vereinfachen, wurden die Substanzen der einzelnen Parallelgefäße zusammengeschüttet und, nachdem sie hinreichend miteinander vermischt waren, in luftdicht verschlossenen Glasgefäßen für die Weiterverarbeitung aufbewahrt. Diese erstere Maßnahme läßt sich insofern rechtfertigen, als die Parallelgefäße in ihren Ernteergebnissen verhältnismäßig gut übereinstimmen. Selbstverständlich wurden jedoch die in ihren Resultaten abweichenden Gefäße, die schon bei den früheren Betrachtungen unberücksichtigt geblieben sind — was bei den betreffenden Gefäßen entsprechend vermerkt ist — auch für diese Untersuchungen ausgeschaltet.

Die Bestimmung des **Kalk**gehaltes erfolgte in der Weise, daß 3 gr. der gemahlenen Substanz zunächst in einer Platinschale verascht wurden. Die Asche wurde sodann etwas angefeuchtet und unter Zusatz von 5 ccm konzentrierter Salzsäure auf dem Wasserbade zur völligen Trockene eingedampft, der Rückstand wurde wieder mit heißem Wasser gelöst, 10 ccm 25 prozentige Salzsäure wurden zugefügt und ungefähr eine halbe Stunde unter Ersatz des verdampften Wassers digeriert. Hierauf wurde die Lösung in ein Becherglas filtriert, nach Zusatz von 20 ccm neutraler Ammoncitratlösung zum Sieden erhitzt, dann etwa 50 ccm Ammonoxalatlösung hinzugefügt, noch eine kurze Zeit im Sieden erhalten und etwa 24 Stunden zur vollständigen Fällung stehen gelassen. Nach darauf erfolgter Filtration wurde der Rückstand mit Filter in einem Platintiegel verascht und gewogen.

Für die **Kali**bestimmung wurden 5 gr der Substanz langsam auf offener Flamme verascht, einmal mit etwas konzentrierter Salz-

säure auf dem Wasserbade abgedampft, wieder etwas Wasser zugesetzt und erhitzt und sodann in einen 250 ccm Kolben gespült. Diese Lösung wurde zum Sieden erhitzt, etwa 1 gr Bariumhydroxyd zur Fällung der Schwefel- und Phosphorsäure zugesetzt, die Kolben nach Abkühlung bis zur Marke aufgefüllt und der Inhalt nach gehörigem Durchschütteln filtriert. Von dem Filtrat wurden sodann 150 ccm in einer Glasschale auf dem Wasserbade abgedampft; vor oder während des Abdampfens waren 5 ccm Überchlorsäure zugefügt. Der zur Trockene eingedampfte Rückstand wurde mit 2 ccm Überchlorsäure versetzt und verdampft, nach dem Verjagen der chlorsauren Dämpfe mit 20 ccm chlorsäurehaltigem Alkohol 15 Minuten lang stehen gelassen und durch einen vorher gewogenen Goochtiegel filtriert. Als Waschflüßigkeit diente derselbe Alkohol, nur zum Schluß wenige ccm absoluter Alkohol.

Sodann wurden die hierauf getrockneten Tiegel gewogen und aus dem erhaltenen $KClO_4$ der Gehalt an Kali berechnet.

Die auf Grund der diesbezüglichen Untersuchungen in den Ernten gefundenen relativen und absoluten Kalk- und Kalimengen sind mit den Erntezahlen der getrockneten Substanz in nachfolgend eingefügten Tabellen wiedergegeben.

Einen sehr guten Überblick über das gesamte Resultat des Versuches dürfte die farbige Tafel am Schluß der Arbeit bieten, auf welcher einmal die Erntezahlen der getrockneten Substanz, darunter im Vergleich zu diesen die relativen Kalk- und Kaliwerte der Ernten in graphischer Darstellung zum Ausdruck gebracht sind.

Sand.

Reihe S. 1a und S. 1b (Kaliumkarbonat; schwache und starke Gabe).

Gefäß Nr.	Kalkgabe %	Kalkgabe gr. pr. Gef.	Art und Stärke d. Kali-düng.	Ernte (trocken) pr. Gef. gr.	Ernte (trocken) Mittel gr.	Kalkgehalt %	Kalkgehalt gr.	Kaligehalt %	Kaligehalt gr.
169				78,9					
170	—	—		76,9	77,0	1,52	1,170	1,03	0,793
171				75,3					
172				70,2					
173	0,2	42	1 gr. Kali in Form v. Kalium-karbo-nat	63,0	68,4	2,06	1,409	1,05	0,718
174				71,9					
175				(27,9)					
176	0,5	105		56,0	56,0	2,29	1,282	1,26	0,706
177				(37,8)					
178				50,5					
179	0,8	168		(29,8)	50,5	2,44	1,232	1,34	0,677
180				(32,3)					
181				95,2					
182	—	—		80,0	88,2	1,17	1,032	1,81	1,596
183				89,4					
184				51,3					
185	0,2	42	2,5 gr. Kali in Form v. Kalium-karbo-nat.	62,9	58,9	1,71	1,008	2,20	1,297
186				62,6					
187				25,5					
188	0,5	105		25,6	25,3	1,73	0,438	3,11	0,787
189				24,7					
190				20,3					
191	0,8	168		19,6	23,7	1,98	0,469	3,42	0,811
192				31,1					

Sand.

Reihe S. 2a und S. 2b (Kaliumbisulfat; schwache und starke Gabe).

Gefäß Nr.	Kalkgabe %	Kalkgabe gr. pr. Gef.	Art und Stärke d. Kali-düng.	Ernte (trocken) pr. Gef. gr.	Ernte (trocken) Mittel gr.	Kalkgehalt %	Kalkgehalt gr.	Kaligehalt %	Kaligehalt gr.
193				62,0					
194	—	—		74,6	63,4	1,37	0,869	1,48	0,938
195				53,6					
196				47,6					
197	0,2	42	1 gr. Kali in Form v.	50,0	49,8	2,07	1,032	1,67	0,832
198				51,8					
199			Kalium-	47,7					
200	0,5	105	bisulfat	39,8	39,2	2,26	0,886	1,79	0,702
201				30,0					
202				14,6					
203	0,8	168		22,6	18,6	2,61	0,486	2,72	0,506
204				18,5					
205				(16,4)					
206	—	—		38,1	38,1	1,06	0,403	3,59	1,368
207				(9,2)					
208				31,0					
209	0,2	42	2,5 gr. Kali in	33,1	32,1	2,16	0,693	3,08	0,989
210			Form v.	(21,6)					
211			Kalium-	19,3					
212	0,5	105	bisulfat	14,1	18,4	2,38	0,438	3,44	0,633
213				21,8					
214				9,7					
215	0,8	168		9,4	9,6	2,55	0,245	3,94	0,378
216				9,8					

Sand.

Reihe S. 3a und S. 3b (Chlorkalium; schwache und starke Gabe).

Gefäß Nr.	Kalkgabe		Art und Stärke d. Kali-düng.	Ernte (trocken)		Kalkgehalt		Kaligehalt	
	%	gr. pr. Gef.		pr. Gef. gr.	Mittel gr.	%	gr.	%	gr.
217				68,6					
218	—	—		66,2	67,8	1,62	1,099	1,43	0,970
219				68,7					
220				58,2					
221	0,2	42	1 gr. Kali in Form v.	64,1	61,2	2,18	1,334	1,56	0,955
222				(35,2)					
223			Chlor-	34,3					
224	0,5	105	kalium	40,1	37,2	2,30	0,856	2,13	0,792
225				(29,0)					
226				(15,1)					
227	0,8	168		27,9	24,6	2,45	0,603	2,62	0,645
228				21,3					
229				53,7					
230	—	—		51,1	50,9	1,17	0,596	3,36	1,712
231				47,8					
232				29,3					
233	0,2	42	2,5 gr. Kali in	31,4	30,6	2,04	0,624	3,14	0,961
234				31,2					
235			Form v.	16,2					
236	0,5	105	Chlor- kalium	19,2	19,1	2,20	0,420	3,60	0,687
237				21,9					
238				15,8					
239	0,8	168		29,2	18,6	2,23	0,414	3,65	0,678
240				10,9					

Sand.

Reihe S. 4 (ohne Kali).

Gefäß Nr.	Kalkgabe		Art und Stärke d. Kali-düng.	Ernte (trocken)		Kalkgehalt		Kaligehalt	
	%	gr. pr. Gef.		pr. Gef. gr.	Mittel gr.	%	gr.	%	gr.
313				66,5					
314	—	—		72,9	67,6	2,35	1,588	0,47	0,317
315				63,4					
316				55,1					
317	0,2	42		56,3	52,3	(3,35 [1])	1,753	0,44	0.232
318			Ohne	45,6					
319			Kali	33,4					
320	0,5	105		34,2	30,9	2,78	0,859	0,56	0,173
393				25,1					
394				26,6					
395	0,8	168		22,1	21,5	2,92	0,628	0,68	0,146
396				15,9					

1) Der hohe Kalkgehalt in dieser Stufe ist sehr auffällig und war nicht zu erklären. Eine wiederholt angesetzte Bestimmung ergab immer das gleiche Resultat. Es scheint deshalb angebracht, diese Zahl bei der Betrachtung auszuschalten.

Lehm.

Reihe L. 1a und L. 1b
(Kaliumkarbonat; schwache und ſtarke Gabe).

Reihe L. 2a und L. 2b
(Kaliumbisulfat; schwache und ſtarke Gabe).

Gefäß Nr.	Kalkgehalt %	Zuſatz gr. pr. Gef.	Art und Stärke d. Kalidüng.	Ernte (trocken) pr. Gef. gr.	Ernte (trocken) Mittel gr.	Kalkgehalt %	Kalkgehalt gr.	Kaligehalt %	Kaligehalt gr.
397				39,7					
398	1,25	—	1 gr. Kali in Form v.	40,0	42,3	2,41	1,022	1,49	0,632
399				47,2					
400				29,3					
401	3,0	329	Kaliumkarbonat	48,7	36,1	2,59	0,935	1,45	0,523
402				30,4					
403				43,9					
404	1,25	—	3 gr. Kali in Form v.	48,4	46,6	2,31	1,075	1,99	0,932
405				47,4					
406				(28,3)					
407	3,0	329	Kaliumkarbonat	37,2	36,7	2,58	0,947	2,20	0,807
408				36,1					
345				51,0					
346	1,25	—	1 gr. Kali in Form v.	54,5	52,3	2,60	1,360	1,35	0,706
347				(45,4)					
348			Kaliumbisulfat	34,7					
349	3,0	329		35,8	37,3	2,66	0,992	1,58	0,589
350				41,3					
351				52,9					
352	1,25	—	3 gr. Kali in Form v.	47,6	50,6	2,50	1,413	2,10	1,062
353				51,3					
354			Kaliumbisulfat	35,9					
355	3,0	329		42,2	38,9	2,62	1,020	2,38	0,926
356				38,7					

Lehm.

Reihe L. 3a und L. 3b
(Chlorkalium; schwache und ſtarke Gabe).

Reihe L. 4 (ohne Kali).

Gefäß Nr.	Kalkgehalt %	Zuſatz gr. pr. Gef.	Art und Stärke d. Kalidüng.	Ernte (trocken) pr. Gef. gr.	Ernte (trocken) Mittel gr.	Kalkgehalt %	Kalkgehalt gr.	Kaligehalt %	Kaligehalt gr.
357				47,1					
358	1,25	—	1 gr. Kali in Form v.	(41,8)	50,5	2,58	1,303	1,56	0,788
359				54,3					
360			Chlor-	35,9					
361	3,0	329	kalium	40,0	37,4	2,76	1,032	1,73	0,647
362				36,3					
363				46,9					
364	1,25	—	3 gr. Kali in	(39,9)	48,3	2,55	1,232	2,24	1,082
365			Form v.	49,6					
366			Chlor-	36,6					
367	3,0	329	kalium	37,5	37,1	2,83	1,050	2,52	0,935
368				(28,1)					
115				41,2					
116	1,25	—		38,4	37,8	2,64	0,998	1,12	0,423
117			Ohne	33,9					
118			Kali	41,9					
119	3,0	329		36,2	35,1	2,71	0,952	1,16	0,407
120				27,1					

Aus den Resultaten der Untersuchungen sehen wir zunächst ganz allgemein, daß der relative Gehalt der Pflanzen, sowohl an Kalk wie an Kali, mit zunehmendem Kalkgehalt des Bodens in allen Versuchsreihen bei dem Sandversuch wie bei dem Lehmversuch — bei letzterem allerdings nicht so deutlich — eine Steigerung zeigt, während, wie oben erwähnt, die Erntezahlen sehr stark fallen. Infolgedessen nehmen die absoluten Mengen an Kalk und Kali in der Ernte ab. Daß bei den Gefäßen des Sandversuches, die einen Kalkzusatz nicht erhalten haben, die absolute Kalkmenge in der Ernte geringer ist, als bei 0,2 % Kalkzusatz zum Boden, ist selbstverständlich. Auffallenderweise ist der Kalkgehalt bei ersteren schon verhältnismäßig hoch, ein Zeichen, daß die Pflanzen in dem an sich sehr kalkarmen Sande die für ihre Entwicklung ausreichende Menge an Kalk vorgefunden haben. Die trotz fallender Ernte höhere absolute Kalkmenge in den Ernten bei 0,2 % Kalkgehalt des Bodens zeigt aber, daß hier infolge des letzteren eine weit stärkere Kalkaufnahme durch die Pflanzen erfolgt ist, welche ihre Entwicklung ungünstig beeinflußt hat. Dies ist bei noch höherem Kalkgehalt des Bodens in noch verhältnismäßig stärkerem Maße der Fall, doch ist die absolute Kalkmenge infolge der sehr stark verminderten Ernte wieder geringer.

Die Kaliwerte der Ernten bieten uns, wie schon erwähnt, im Verhältnis das gleiche Bild. Mit steigendem Kalkgehalt des Bodens und damit verbundener Verringerung der Ernte nimmt ihr relativer Kaligehalt zu, die absoluten Mengen an Kali nehmen dagegen ab.

Betrachten wir aber die Untersuchungsresultate der einzelnen Versuchsreihen — und zwar zunächst nur den Sandversuch — für sich und stellen sie in einen Vergleich zueinander, so sehen wir, daß sie teilweise recht erheblich voneinander abweichen.

In der Reihe, die neben steigender Kalkgabe eine Kalizusatzdüngung nicht erhalten hat, ist auffallenderweise der relative Kalkgehalt der Pflanzen gegenüber allen anderen Reihen mit ei-

ner Kalizusatzdüngung verhältnismäßig sehr hoch.[1]) Dies zeigt sich besonders deutlich bei den Gefäßen ohne Kalkzusatz, wo er schon über 2 % beträgt. Der relative Kaligehalt der Ernte ist in dieser Reihe gegenüber den anderen Reihen mit Kalizusatzdüngung naturgemäß infolge des geringen Gehaltes des Bodens an Kali auch ein sehr geringer. Letzterer hat jedoch ausgereicht, um, trotz der starken Kalkaufnahme durch die Pflanzen, noch verhältnismäßig hohe Ernten zu erzielen.

Vergleichen wir mit dieser Reihe die übrigen, die eine Kalizusatzdüngung in schwacher oder stärkerer Gabe erhalten haben, so zeigt es sich, daß naturgemäß mit gesteigerter Kalidüngung eine höhere Kaliaufnahme durch die Pflanzen Hand in Hand geht, die in einem höheren Kaligehalt der Ernten zum Ausdruck kommt. Daß aber weiter mit einer solchen Steigerung der Kaliaufnahme die Aufnahme an Kalk verhindert wird.

Dies ist schon sehr deutlich in allen Reihen mit schwachen Kaligaben zu erkennen. Hier zeigen dementsprechend die relativen Werte eine erhebliche Steigerung der Kaliaufnahme, gegenüber welcher die Kalkaufnahme deutlich verringert ist.

Bei starker Kaligabe ist die relative Kaliaufnahme noch weiter, in einigen Fällen, besonders bei den Gefäßen ohne Kalkzusatz, fast um das Doppelte gestiegen. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, daß infolge der Überschußdüngung die Ernten stark herabgedrückt sind, und daher die relativen Zahlen umso höher erscheinen. Die Kalkaufnahme ist dagegen noch weiter vermindert, was sich in den Relativzahlen allerdings nicht überall gleich deutlich ausprägt, besonders in den höheren Kalkstufen.

Am deutlichsten wahrnehmbar ist diese Erscheinung in allen Kalkstufen bei den beiden Reihen mit Kaliumkarbonatdüngung, wo trotz stark verminderter Ernte ihr relativer Kalkgehalt bei stärkerer Kaligabe ein wesentlich geringerer ist gegenüber der Reihe mit schwacher Kaligabe. Zur besseren Übersicht und Vergleich sind die betreffenden Relativzahlen sowohl der Reihe ohne Kalidüngung wie der Reihen mit schwacher und starker Kaliumkar-

1) Vgl. Tabelle auf Seite 94.

bonatdüngung neben den mittleren Erntezahlen in nachfolgender Tabelle angeführt.

Kalkgabe %	ohne Kali			Kaliumkarbonat					
				schwach			stark		
	m. Ertg. gr.	Kalk %	Kali %	m. Ertg. gr.	Kalk %	Kali %	m. Ertg. gr.	Kalk %	Kali %
—	67,6	2,35	0,47	77,0	1,52	1,03	88,2	1,17	1,81
0,2	52,3	(3,35 [1])	0,44	68,4	2,06	1,05	58,9	1,71	2,20
0,5	30,9	2,78	0,56	56,0	2,29	1,26	25,3	1,73	3,11
0,8	21,5	2,92	0,68	50,5	2,44	1,34	23,7	1,98	3,42

Es sei jedoch hierzu bemerkt, daß für diese Erscheinung gerade bei diesen Reihen noch andere Faktoren verantwortlich zu machen sind, worauf an späterer Stelle zurückzukommen sein wird.

Auch bei den beiden Reihen sowohl mit Chlorkalium- als auch mit Kaliumbisulfat-Düngung ist die gleiche Erscheinung wahrzunehmen, sie tritt hier jedoch nicht ganz so deutlich hervor, wie nachfolgende Tabellen zeigen.

Kalkgabe %	ohne Kali			Kaliumbisulfat					
				schwach			stark		
	m. Ertg. gr.	Kalk %	Kali %	m. Ertg. %	Kalk %	Kali %	m. Ertg. %	Kalk %	Kali %
—	67,6	2,35	0,47	63,4	1,37	1,48	38,1	1,06	3,59
0,2	52,3	(3,35)	0,44	49,8	2,07	1,67	32,1	2,16	3,08
0,5	30,9	2,78	0,56	39,2	2,26	1,79	18,4	2,38	3,44
0,8	21,5	2,92	0,68	18,6	2,61	2,72	9,6	2,55	3,94

Kalkgabe %	ohne Kali			Chlorkalium					
				schwach			stark		
	m. Ertg. %	Kalk %	Kali %	m. Ertg. %	Kalk %	Kali %	m. Ertg. %	Kalk %	Kali %
—	67,6	2,35	0,47	67,8	1,62	1,43	50,9	1,17	3,36
0,2	52,3	(3,35)	0,44	61,2	2,18	1,56	30,6	2,04	3,14
0,5	30,9	2,78	0,56	37,2	2,30	2,13	19,1	2,20	3,60
0,8	21,5	2,92	0,68	24,6	2,45	2,62	18,6	2,23	3,65

1) S. Anm. 1) S. 89.

Vergleichen wir jedoch die absoluten Werte der Kalk- und Kaliaufnahme miteinander, so prägen sich in ihnen resp. in ihrem gegenseitigen Verhältnis die Unterschiede zwischen der Kalk- und Kaliaufnahme umso deutlicher aus.

Während bei der Reihe ohne Kalidüngung der infolgedessen sehr geringen Kaliaufnahme eine hohe Kalkaufnahme gegenübersteht, so ist eine Änderung dieses Verhältnisses schon in allen Reihen mit schwachen Kaligaben zu erkennen. Hier ist die absolute Kaliaufnahme erheblich gesteigert, während die absolute Kalkaufnahme eine Verminderung erfahren hat, die in den absoluten Werten allerdings nicht so deutlich zum Ausdruck kommt. Berücksichtigen wir jedoch die teilweise recht erheblich gesteigerten Ernten, so können wir zweifellos eine solche Verminderung der Kalkaufnahme feststellen. Infolgedessen stehen hier schon die absoluten Werte der Kalk- und Kaliaufnahme teilweise fast auf gleicher Höhe.

In allen Reihen mit starken Kaligaben ist die absolute Kaliaufnahme noch weiter gesteigert, die absolute Kalkaufnahme dagegen deutlich verringert, und ist hier infolgedessen in allen Fällen eine höhere, teilweise sogar weit höhere Kali- wie Kalkaufnahme festzustellen.

Am deutlichsten prägen sich die Unterschiede in der absoluten Kalk- und Kaliaufnahme in den beiden Reihen mit Chlorkaliumdüngung aus, und sind deshalb zum übersichtlichen Vergleich die diesbezüglichen Resultate dieser beiden Reihen neben denjenigen der Reihe ohne Kalidüngung in nachfolgender Tabelle angeführt.

Kalkgabe %	ohne Kali			Chlorkalium					
				schwach			stark		
	m. Ertg. gr.	Kalk gr.	Kali gr.	m. Ertg. gr.	Kalk gr.	Kali gr.	m. Ertg. gr.	Kalk gr.	Kali gr.
—	67,6	1,588	0,317	67,8	1,099	0.970	50,9	0,596	1,712
0,2	52,3	1,753[1])	0,232	61,2	1,334	0,955	30,6	0,624	0,961
0,5	30,9	0,859	0,173	37,2	0,856	0,792	19,1	0,420	0,687
0,8	21,5	0,628	0,146	24,6	0,603	0,645	18,6	0,414	0,678

1) Vergl. Anm. S. 89.

Beim **Lehm**versuch bietet sich uns in dieser Beziehung im großen und ganzen dasselbe Bild. Allerdings sind die Unterschiede, wie in den Ernten selbst, so auch in ihrer Zusammensetzung, infolge der anderen Bodenverhältnisse und seinen besonderen Absorptionseigenschaften nicht so deutlich zur Geltung gekommen, was die in nachfolgenden Tabellen zusammengestellten Resultate zeigen.

Kalkgabe %	ohne Kali		
	m. Ertg. gr.	Kalk %	Kali %
1,25	37,8	2,64	1,12
3,00	35,1	2,71	1,16

Kalkgabe %	Kaliumkarbonat					
	schwach			stark		
	m. Ertg. gr.	Kalk %	Kali %	m. Ertg. gr.	Kalk %	Kali %
1,25	42,3	2,41	1,49	46,6	2,31	1,99
3,00	36,1	2,59	1,45	36,7	2,58	2,20

Kalkgabe %	Kaliumbisulfat					
	schwach			stark		
	m. Ertg. gr.	Kalk %	Kali %	m. Ertg. gr.	Kalk %	Kali %
1,25	52,3	2,60	1,35	50,6	2,50	2,10
3,00	37,3	2,66	1,58	38,9	2,62	2,38

Kalkgabe %	Chlorkalium					
	schwach			stark		
	m. Ertg. gr.	Kalk %	Kali %	m. Ertg. gr.	Kalk %	Kali %
1,25	50,5	2,58	1,56	48,3	2,55	2,24
3,00	37,4	2,76	1,73	37,1	2,83	2,52

Trotzdem der Lehmboden an sich schon einen verhältnismäßig hohen Kaligehalt besitzt, ist in der Ernte der Reihe ohne Kalizusatzdüngung im Vergleich mit den anderen nur ein verhältnismäßig geringer Kaligehalt festzustellen. Dagegen ist der relative Kalkgehalt in sämtlichen Reihen ziemlich hoch. Bei schwacher Kalizusatzdüngung zeigt sich im Vergleich mit der kalifreien Düngung in allen Reihen eine Steigerung in dem relativen Kaligehalt der Ernte, der entsprechend der fast gleichen Entwicklung der Pflanzen in den einzelnen Reihen nicht sehr von einander abweicht. Das gleiche gilt für den relativen Kalkgehalt der Ernte. Bei starker Kalizusatzdüngung ist noch eine weitere Steigerung des relativen Kaligehaltes der Ernten wahrzunehmen; während der relative Kalkgehalt nennenswerte Veränderungen nicht zeigt.

Ein Vergleich der sich entsprechenden absoluten Werte der Kalk- und Kaliaufnahme bestätigt — wie nachfolgende Tabellen zeigen — die beim Sandversuch beobachteten Erscheinungen, wenn auch hier die Unterschiede infolge der geänderten Grundbedingungen nicht so deutlich zur Geltung kommen konnten.

Kalkgabe %	ohne Kali		
	m. Ertg. gr.	Kalk gr.	Kali gr.
1,25	37,8	1,00	0,42
3,00	35,1	0,95	0,41

Kalkgabe %	Kaliumkarbonat					
	schwach			stark		
	m. Ertg. gr.	Kalk gr.	Kali gr.	m. Ertg. gr.	Kalk gr.	Kali gr.
1,25	42,3	1,02	0,63	46,6	1,06	0,93
3,00	36,1	0,94	0,52	36,7	0,95	0,81

Kalkgabe %	Kaliumbisulfat					
	schwach			stark		
	m. Ertg. gr.	Kalk gr.	Kali gr.	m. Ertg. gr.	Kalk gr.	Kali gr.
1,25	52,3	1.36	0,71	50,6	1,41	1,06
3,00	37,3	0,99	0,59	38,9	1,02	0,93

Kalk gabe %	Chlorkalium					
	schwach			stark		
	m. Ertg. gr.	Kalk gr.	Kali gr.	m. Ertg. gr.	Kalk gr.	Kali gr.
1,25	50,5	1,30	0,79	48,3	1,23	1,08
3,00	37,4	1,03	0,65	37,1	1,05	0,94

Aus allen diesen Beobachtungen geht aber hervor, daß die beiden Faktoren Kalk und Kali in engen Wechselbeziehungen zu einander stehen müssen. Überall da, wo Kali im Boden fehlte, hat der Kalk die Oberhand gewonnen und infolgedessen seinen schädigenden Einfluß auf die Entwicklung der Pflanzen ungestört geltend machen können. War dagegen Kali in größeren Mengen, zumal in leichtlöslicher Form, im Boden vorhanden, so ist infolge der hierdurch bedingten stärkeren Aufnahme an Kali durch die Pflanzen die Kalkaufnahme relativ zurückgedrängt und dadurch ihr ungünstiger Einfluß auf die Entwicklung der Pflanzen eingeschränkt worden — soweit wir hierbei von den durch andere Faktoren hervorgerufenen ungünstigen Erscheinungen absehen.

Mit dieser Tatsache findet einmal die früher ausgesprochene Ansicht, daß das Kali günstig auf die Entwicklung der Lupine wirkt, vor allem, daß es, wenn die Pflanzen durch hohen Kalkgehalt des Bodens geschädigt sind, diese Schädigung zu mildern vermag, seine volle Bestätigung.

Andererseits glaubt Verfasser auf Grund dieser Beobachtungen die Ansicht aussprechen zu dürfen, daß die Schädigungen der Pflanzen zweifellos auf eine übermäßig starke Kalkaufnahme gegenüber einer dadurch verminderten resp. verhinderten Aufnahme der übrigen für ihre Entwicklung erforderlichen Nährstoffe,

besonders des Kaliums, zurückzuführen sind. Und würde damit auch die am Anfang der Arbeit schon erörterte Frage nach den Gründen der Kalkempfindlichkeit der Lupine eine einwandfreie Erklärung finden können.

Es bleibt aber weiter zu erörtern, worauf der Unterschied der Erscheinungen in der Wirkung der verschiedenen Kalisalze zurückzuführen ist. Auch hierfür gewähren die vorliegenden Resultate der Ernteuntersuchungen einige beachtenswerte Anhaltspunkte, die eine Erklärung einzelner Erscheinungen zu bieten vermögen und deshalb nicht außer Acht zu lassen sind.

Auf Grund der bei dem Versuch aufgetretenen äußeren Entwicklungsunterschiede haben wir im Vorhergehenden feststellen können, daß die ungünstigen Erscheinungen in der Entwicklung der Lupine auf einen spezifisch ungünstigen Einfluß des Kalkes, nicht auf einen allgemein ungünstigen Einfluß alkalisch reagierender Nährlösungen zurückzuführen sind, daß die Pflanzen vielmehr durch alkalisch reagierende Düngemittel scheinbar günstig durch sauer reagierende ungünstig beeinflußt werden.

Es ist demnach zunächst die Frage zu beantworten, woher sich die günstige Wirkung der alkalischen Düngung erklärt.

Wir wissen, daß vorhandenes Kaliumkarbonat in Lösung ausfällend auf Kalk in Lösung wirkt. Infolgedessen ist der kohlensaure Kalk bei stärkerer alkalischer Düngung weniger für die Pflanzen aufnehmbar. In unserem Versuch tritt bei alkalischer Zudüngung deutlich eine verminderte Kalkaufnahme durch die Pflanzen in Erscheinung. Dies dürfte zweifellos für ein Ausfällen von Kalk sprechen. Es zeigt sich die verminderte Kalkaufnahme schon sehr deutlich bei schwacher Kaliumkarbonatgabe. Bei starker Düngung prägt sie sich noch weitgehender aus. Hier ist bei noch gesteigerter alkalischer Düngung trotz der durch die ungünstige Wirkung der Überschußdüngung verursachten Abnahme der Ernte eine weitere Verminderung der Kalkaufnahme festzustellen, die in den Relativzahlen deutlich zu erkennen ist. Wir haben nach unseren früheren Betrachtungen die verminderte Kalkaufnahme lediglich durch eine infolge gesteigerter Kalidüngung erfolgte stärkere Kaliaufnahme erklärt, es scheinen demnach jedoch zpeziell bei dem Kaliumkarbonat noch andere Momente mitzusprechen.

Die günstige Entwicklung der Pflanzen dieser Versuchsreihen dürfte in erster Linie auf die verminderte Kalkaufnahme zurückzuführen sein. Daß daneben auch speziell das Kali und vielleicht auch die alkalische Reaktion der Düngung eine Rolle spielen, ist anzunehmen.

Fragen wir demgegenüber nach den Ursachen der Schädigung durch die saure Düngung mit Kaliumbisulfat, so hätten wir hier, da — wie schon oben angeführt ist — die saure Düngung ein größeres Lösungsvermögen für Kalk besitzt, besonders bei der stärkeren Kaliumbisulfatdüngung, eine höhere Kalkaufnahme durch die Pflanzen erwarten müssen. Auffallenderweise ist aber eine solche nicht eingetreten. Dagegen zeigt sich hier besonders bei der starken Kaligabe, teilweise ein äußerst hoher Kaligehalt in der Ernte. Wir müssen deshalb annehmen, daß die starke Schädigung der Pflanzen hier weniger auf eine Schädigung durch den Kalk, als in erster Linie auf eine Säureschädigung durch das Kaliumbisulfat zurückzuführen ist. Es geht dies schon aus den äußeren Erscheinungen der Pflanzen in den Gefäßen ohne Kalkzusatz mit starker Kaliumbisulfatdüngung sehr deutlich hervor, und findet seine Bestätigung in dem Resultat der Ernteuntersuchungen, durch welche hier ein äußerst hoher Kaligehalt festgestellt ist. Infolge dieser ungünstigen Einflüsse sind die Pflanzen so stark geschädigt worden, daß eine höhere Kalkaufnahme nicht mehr möglich gewesen ist.

Bei der neutralen Düngung mit Chlorkalium ist ebensowenig ein stärkeres Lösungsvermögen gegenüber dem Kalk, wie eine ausfällende Wirkung anzunehmen. Infolgedessen ist anzunehmen, daß die stärkere Kaligabe an sich eine recht deutliche Verminderung der Kalkaufnahme zu bewirken vermocht hat.

Aus den Ergebnissen des Lehmversuches läßt sich eine Bestätigung der bei dem Sandversuch aufgetretenen Erscheinungen nicht entnehmen. Hier tritt der Einfluß der Art der Düngung, ob alkalisch, sauer oder neutral, infolge der anderen Absorptionsverhältnisse des Lehmbodens vollständig zurück.

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen bestätigen demnach nicht nur unsere früher schon auf Grund der bei dem Versuch aufgetretenen äußeren Erscheinungen, sowohl in Bezug auf die Alkalitäts- wie die spezielle Kalifrage, ausgesprochene Ansicht, sondern bieten uns in dieser Beziehung auch eine einwandfreie Erklärung aller aufgetretenen Erscheinungen. Außerdem dürften sie zur Lösung der Frage nach den Ursachen der Kalkempfindlichkeit nicht unwesentlich beigetragen haben.

Bevor wir zu einem abschließenden Urteil über die Ergebnisse des vorliegenden Versuches gelangen konnten, war es notwendig, noch eine Erscheinung näher zu prüfen, auf die schon in der Einleitung kurz hingewiesen worden ist, nämlich die bei der Untersuchung der Lupinenwurzeln beobachteten, teilweise recht erheblichen Unterschiede in dem Knöllchenbesatz. Trotz völlig gleichmäßiger Impfung der Gefäße war in allen Versuchsreihen mit steigendem Kalkgehalt des Bodens eine deutliche Abnahme der Knöllchenbildung festzustellen. Diese Erscheinung trat am deutlichsten bei dem Sandversuch hervor [1]). Während bei allen Gefäßen ohne Kalkgabe eine ausgedehnte und kräftige Knöllchenbildung eingetreten war, konnte man hierin schon bei der schwächsten Kalkgabe (0,2 %) eine deutliche Abnahme beobachten. Weit mehr prägt diese sich noch bei den beiden hohen Kalkgaben (0,5 und 0,8 %) aus. Hier war besonders bei der höchsten Kalkgabe in den meisten Reihen eine Knöllchenbildung nur sehr vereinzelt, in einigen — Reihe S. 2a und S. 2b (Kaliumbisulfat; schwache und starke Gabe) — eine solche über-

1) Vgl. die phot. Aufn. Tafel 5 bis 8. Leider wurden dieselben erst gemacht, nachdem die Wurzeln schon getrocknet waren. Infolgedessen sind die Knöllchen stark zusammengeschrumpft und nicht mehr so gut zu erkennen.

haupt nicht festzustellen. Auch fiel es auf, daß gegenüber den in kalkfreiem oder nahezu kalkfreiem Boden gewachsenen Wurzeln, bei denen die Knöllchen meist dicht gedrängt an dem oberen Teile der Hauptwurzeln angesetzt waren, bei den in kalkreicherem Boden gewachsenen Wurzeln die Knöllchen sich mehr verteilt an dem unteren Teile der Hauptwurzeln oder vereinzelt nur an den Nebenwurzeln fanden. Naturgemäß waren die vorhandenen Knöllchen hier entsprechend der geringeren Entwicklung der ganzen Pflanze ebenfalls schwächer ausgebildet.

Noch auffallender erschien es, daß bei dem Lehmversuch, trotz gleicher Impfung des Bodens wie bei dem Sande, eine Knöllchenbildung fast gar nicht eingetreten war. Soweit von einer solchen überhaupt die Rede sein konnte, hatte nur bei den Gefäßen mit normalem Kalkgehalt (ohne Kalkzusatz) ganz vereinzelt eine Knöllchenbildung stattgefunden. Bei hohem Kalkzusatz war eine solche überhaupt nicht festzustellen. Auch machte sich hier die beim Sandversuch schon angeführte Erscheinung, daß die wenigen vorhandenen Knöllchen sich ganz vereinzelt ausschließlich an dem unteren Teile der Hauptwurzeln, oder nur an den Nebenwurzeln sitzend befanden, noch mehr bemerkbar.

Alle diese Erscheinungen deuteten stark darauf hin, daß der Kalk nicht nur einen direkt schädigenden Einfluß auf die Lupinenpflanze selbst ausgeübt hatte, sondern daß er auch auf die Tätigkeit der Knöllchenbakterien und ihr Verhältnis zur Pflanze in irgend einer Weise hemmend gewirkt haben mußte, wodurch auch eine indirekte Schädigung der Pflanzen hervorgerufen sein konnte. Diese Vermutung ließ es wünschenswert erscheinen, der Prüfung dieser Frage noch weiter nachzugehen, da ihre Bedeutung für die vollständige Klärung der Kalkempfindlichkeit der Lupine nicht von der Hand zu weisen war.

Zu diesem Zwecke wurde im Sommer 1913, [1]) ebenfalls in der Vegetationshalle des landwirtschaftlichen Instituts zu Göttingen, ein neuer Vegetationsversuch angesetzt, dessen Anordnung und Ergebnisse im folgenden kurz wiedergegeben werden sollen.

1) Ein noch im Herbst 1912 nach Abernfung des Hauptversuches angesetzter Versuch war infolge der vorgerückten Jahreszeit nicht mehr zu ausreichender Entwicklung gelangt.

Anordnung des Versuches.

Um den Einfluß des Kalkes auf die Knöllchenbakterien erkennen und eine vermutlich damit verbundene indirekte Schädigung der Pflanze feststellen zu können, wurde in diesem Versuch ebenfalls seine Wirkung auf die Pflanze geprüft, und zwar einmal in Gegenwart, andererseits unter Ausschluß der Knöllchenbakterien. Hierbei war jedoch zu bedenken, daß den Pflanzen bei Ausschluß der Knöllchenbakterien ihre natürliche Stickstoffquelle fehlte, woraus für die Beurteilung des Resultates eine Schwierigkeit erwuchs, wenn nicht für diesen Teil des Versuches die von den Pflanzen benötigte Stickstoffnahrung ihnen auf anderem Wege, durch Düngung mit stickstoffhaltigen Salzen, zugeführt wurde. Um die Tätigkeit der Knöllchenbildung ganz auszuschließen, war es erforderlich, den Boden — es wurde als solcher der gleiche Sand wie zu dem vorjährigen Versuch verwendet — vor dem Gebrauch zu sterilisieren. Und zwar wurde, um für beide Teile des Versuches gleiche Grundbedingungen zu schaffen, der ganze Sand vorher ausgeglüht und der eine Teil später wieder geimpft.

Der Versuch wurde — da leider keine großen Vegetationsgefäße mehr zur Verfügung standen — in 30 kleinen Zinkgefäßen von 20 cm Höhe und 25 cm Durchmesser die vor dem Gebrauch wie im Vorjahre innen doppelt mit Asphaltlack gestrichen waren, angesetzt. Die Gefäße faßten je 14 kg von dem ausgeglühten Sand und erhielten als Grunddüngung pro Gefäß:

1 gr.	K_2O	Beides zusammen in Form von K_2HPO_4
0,8 „	P_2O_5	
0,5 „	$MgSO_4$	
0,5 „	NaCl	

Alle Salze wurden zusammen in Lösung verabfolgt und getrennt von den anderen Zusätzen mit dem Sande gut vermischt. Die Anordnung der übrigen Düngungen, wie der Kalkgaben ist in nachfolgender Tabelle wiedergegeben.

Versuchsplan.

Impfung	Kalkgabe		Stärke und Art der Stickstoffdüngung	Gefäß Nr.
	%	gr. pr. Gef.		
Ungeimpft	—	—	1 gr. N	501/02
	0,5	70	in Form von	503/04
	1,0	40	Chilesalpeter	505/06
	—	—	1 gr. N	507/08
	0,5	70	in Form von	509/10
	1,0	140	schwefels. Amm.	511/12
	—	—	2 gr. N	513/14
	0,5	70	in Form von	515/16
	1,0	140	Baumwollsaatmehl	517/18
Geimpft	—	—	ohne N	519/20
	0,5	70		521/22
	1,0	140		523/24
	—	—	1 gr. N	525/26
	0,5	70	in Form von	527/28
	1,0	140	Chilesalpeter	529/30

Aus den 30 Gefäßen wurden 5 Versuchsreihen zu je 3 mal 2 Parallelgefäßen gebildet, in denen neben einer kalkfreien Stufe 2 höhere Kalkstufen entsprechend einem Kalkgehalt des Bodens von 0,5 und 1 % an kohlensaurem Kalk vorgesehen wurden. Drei dieser Versuchsreihen blieben ungeimpft und erhielten als Ersatz eine Stickstoffgabe von 1 gr. Stickstoff pro Gefäß, und zwar die erste Reihe in Form von Chilesalpeter, die zweite von schwefelsaurem Ammoniak; die dritte Reihe erhielt den Stickstoff in organischer Verbindung als Baumwollsaatmehl, und zwar je 2 gr. Stickstoff pro Gefäß, da der Stickstoff in dieser Form zunächst nur zu etwa 50 % für die Pflanzen aufnehmbar ist.

Die beiden übrigen Versuchsreihen wurden doppelt geimpft, einmal mit einer von den Azotogenwerken bezogenen Reinkultur, außerdem noch — um in jedem Falle eine sichere Wirkung zu erzielen — mit einem Sande, welcher im Vorjahre Lupinen mit gutem Knöllchenansatz getragen hatte. Das Impfmaterial wurde bei der Vorbereitung der Gefäße sorgfältig mit dem ganzen Boden vermischt. Außer der Impfung erhielt die eine dieser beiden Reihen noch eine Stickstoffdüngung von 1 gr. Stickstoff in Form von Chilesalpeter. Die Differenzdüngung wurde dem Boden in Salzform, resp. das Baumwollsaatmehl als solches, getrennt von den Kalkgaben und übrigen Düngungen zugesetzt und gleich diesen mit dem Boden gründlich vermischt.

Als Versuchspflanze wurde ebenfalls die gelbe Lupine (Lupinus luteus) gewählt, und die Samen, um diesmal von vornherein einen gleichmäßigeren Bestand als bei dem Hauptversuch zu gewährleisten, dreifach — im ganzen 21 Samen pro Gefäß — in gleicher Weise wie im Vorjahr ausgelegt. Die Aussaat erfolgte am 1. Mai.

Der Feuchtigkeitsgehalt des Sandes wurde auf 55 % der vollen Wasserkapazität gehalten, und zwar wurde für die Wasserversorgung des ganzen Versuches nur destilliertes Wasser verwendet, einmal, um bei dem ungeimpften Teil desselben einer unerwünschten Infektion durch Knöllchenbakterien, vor allem aber um dem störenden Einfluß des hohen Kalkgehaltes des hiesigen Leitungswasser vorzubeugen.

Vegetationsbeobachtungen.

Der Aufgang der Lupinen begann am 8. Mai. Er erfolgte trotz der stärkeren Aussaat noch viel ungleichmäßiger wie im Vorjahre. Nur etwa 25 % der ausgelegten Samen sind gekeimt. Von diesen ist ein großer Teil der jungen Keimpflanzen aus vorläufig unbekannten Ursachen wieder eingegangen. Besonders ist dies bei Reihe 3 (Baumwollsaatmehl) der Fall gewesen, in dieser war sogar eine vollständige Neubestellung der Gefäße erforderlich.

Bei Reihe 4 (ohne Stickstoff) war der Aufgang am besten und gleichmäßigsten. Es lag deshalb die Vermutung nahe, daß der schlechte Aufgang und das starke Eingehen der jungen Pflanzen mit der Stickstoffdüngung in Verbindung zu bringen sei, worauf an späterer Stelle noch ausführlicher einzugehen sein wird. Jedenfalls fiel es auf, daß auf den Gefäßen ohne Stickstoffdüngung die Pflanzen gut gediehen, während auf allen anderen mit Stickstoffdüngung in irgend einer Form, besonders bei höheren Kalkgaben sich starke Schädigungen bemerkbar machten.

An den Fehlstellen mußten deshalb — zum Teil mehrfach — vorgekeimte Samen, die vor dem Ankeimen noch mit einprozentiger Formalinlösung behandelt waren, nachgelegt werden. Infolge des ungleichmäßigen Bestandes wurde von einem Vereinzeln der Pflanzen abgesehen, nur in Reihe 4 (ohne Stickstoff), deren Pflanzen kräftiger heranwuchsen, wurde auf 14 Pflanzen pro Gefäß vereinzelt.

Die ersten Unterschiede innerhalb der Reihen traten Ende Mai ein. Die Gefäße mit höchster Kalkgabe (1 %) zeigten in den 4 Reihen mit Stickstoffdüngung eine teilweise recht intensive Gelbfärbung der Pflanzen. Auch bei mittlerer Kalkgabe (0,5 %) war in diesen Reihen schon eine schwache Gelbfärbung zu erkennen. In Reihe 4 (ohne Stickstoff) war dagegen von einer solchen auch bei höchster Kalkgabe nichts wahrzunehmen.

Das spätere Eingehen einer Anzahl Pflanzen dürfte zum großen Teil auf Schädigungen durch die Lupinenfliege zurückzuführen sein, deren Larven bei näherer Untersuchung der Wurzeln gefunden wurden.

Beobachtung vom 10. Juli 1913.

Die Reihe 1, 2 und 5 sind in den gleichen Kalkstufen ziemlich gleich entwickelt. Die Gefäße ohne Kalkzusatz sind ganz gut bestanden, zeigen eine gesundgrüne Farbe und größtenteils gut entwickelte, kräftige Pflanzen. Gefäß 501 und 502 (ohne Kalk) stehen im Durchschnitt etwas kräftiger wie die entsprechenden Gefäße der beiden anderen Reihen. Gefäß 507 in Reihe 2 (schwefelsaures Ammoniak) ist infolge starker Schädigung durch die Lupinenfliege recht schwach im Bestand. Die Abstufung in der Entwicklung mit steigendem Kalkgehalt des Bodens ist bei den 3 Reihen ungefähr die gleiche. Die Gefäße mit mittlerem Kalkgehalt (0,5 %) sind gegenüber denen ohne Kalkzusatz erheblich im Wachstum zurück und die Pflanzen zeigen eine deutliche Gelbfärbung. Bei hohem Kalkgehalt (1 %) ist in allen Reihen eine recht intensive Gelbfärbung der Pflanzen eingetreten. Sie sind in der Entwicklung vollständig zurückgeblieben. In Reihe 5 (geimpft; mit Chilesalpeter) prägt sich diese Abstufung in der Entwicklung nicht ganz so deutlich aus. Hier sind besonders bei mittlerem Kalkgehalt die Pflanzen etwas besser entwickelt, und bei hohem Kalkgehalt ist die Schädigung nicht so intensiv wie in den beiden andern Reihen.

Über Reihe 3 (Baumwollsaatmehl) ist vorläufig noch wenig zu sagen. Die Pflanzen sind infolge der mehrfachen Nachbestellung noch sehr zurückgeblieben, kommen zum Teil erst jetzt aus der Erde und zeigen bei hohem Kalkgehalt auch eine deutliche Gelbfärbung.

Am kräftigsten ist die ganze Reihe 4 (geimpft; ohne Stickstoff) entwickelt. Hier ist von einer Abstufung in der Entwicklung mit steigendem Kalkgehalt des Bodens sonderbarerweise kaum etwas wahrzunehmen. Die Gefäße ohne Kalkzusatz und mit mittlerer Kalkgabe (0,5 %) zeigen fast die gleiche Entwicklung der Pflanzen. Bei hoher Kalkgabe (1 %) ist die Entwicklung etwas geringer, die Färbung etwas blasgrüner. Jedoch ist von einer Schädigung wie bei den übrigen Versuchsreihen nichts zu sehen.

Beobachtung vom 10. August 1913. [1])

Die Pflanzen haben sich im gleichen Verhältnis, wie es in der früheren Beobachtung gekennzeichnet ist, weiter entwickelt. Dadurch treten die Unterschiede jetzt noch deutlicher hervor. In allen Reihen mit Stickstoffdüngung ist mit steigendem Kalkgehalt des Bodens eine sehr starke Schädigung der Pflanzen eingetreten, während in Reihe 4 (geimpft; ohne Stickstoff) vo einer solchen fast gar nichts zu bemerken ist. Reihe 3 (ungeimpft: mit Baumwollsaatmehl) hat sich nachträglich noch etwas entwickelt. Es scheint daß die Düngung mit Baumwollsaatmehl Störungen hervorgerufen hat, deren Ursachen ohne weiteres nicht erklärt werden konnten. Diese Reihe wurde deshalb aus dem Versuch ganz ausgeschaltet.

Die kräftiger entwickelten Pflanzen stehen jetzt in voller Blüte, bei den schwächer entwickelten ist eine Blütenbildung nicht eingetreten.

Im einzelnen bieten die Reihen etwa folgendes Bild.

Reihe 1 (ungeimpft; mit Chilesalpeter).

In dieser Reihe ist bei den Gefäßen ohne Kalkzusatz eine verhältnismäßig gute Entwicklung der Pflanzen, die auch zur Blüte gelangt sind, vorhanden; allerdings geringer wie bei den entsprechenden Gefäßen der Reihe 4 (geimpft; ohne Stickstoff). Auch die Farbe der Pflanzen ist eine mehr blaßgrüne. Schon bei mittlerem Kalkgehalt (0,5 %) ist jedoch eine starke Schädigung eingetreten, infolge deren die Pflanzen stark zurückgeblieben sind und größtenteils Gelbfärbung zeigen. Eine Blütenbildung ist hier überhaupt nicht mehr vorhanden. Bei hohem Kalkgehalt (1 %) ist die Schädigung noch intensiver. Die Pflanzen sind in der Entwicklung vollständig zurückgeblieben und ihre Farbe ist intensiv gelb. Einige Pflanzen sind ganz eingegangen, was besonders bei Gefäß 506 der Fall ist.

---

1) Vgl. die phot. Aufnahme Tafel 9 am Schluß der Arbeit! Leider ist hierbei Reihe 2 unberücksichtigt geblieben, da es infolge der ungleichen Entwicklung derselben angezeigt erschien, diese Reihe ebenfalls wie Reihe 3 ganz auszuschalten.

Reihe 2 (ungeimpft; mit schwefelsaurem Ammoniak).

Hier ist die Entwicklung im ganzen noch geringer als in Reihe 1, und die Schädigung dementsprechend noch deutlicher zu erkennen. Dies ist schon bei den Gefäßen ohne Kalk der Fall. Hier sind die Pflanzen in der Entwicklung erheblich geringer als bei den entsprechenden Gefäßen der Reihe 1, und ihre Farbe ist teilweise schon mehr gelb. Auch sind hier nur wenige Pflanzen zur Blüte gelangt. Bei mittlerem und besonders höherem Kalkgehalt (0,5 und 1 %) prägt sich die Schädigung sehr intensiv aus. Die Pflanzen sind vollständig zurückgeblieben und stark gelb gefärbt. Bei hohem Kalk gehalt ist ein großer Teil der Pflanzen ganz eingegangen.

Reihe 4 (geimpft; ohne Stickstoff).

In dieser Reihe ist auffallenderweise gegenüber allen anderen Reihen in allen Kalkstufen, auch bei hoher Kalkgabe (1 %) eine recht kräftige Entwicklung der Pflanzen festzustellen, und — wie schon früher erwähnt — von einer Schädigung nichts zu erkennen. Die Pflanzen der Gefäße ohne Kalkzusatz und mit mittlerer Kalkgabe (0,5 %) sind ziemlich gleich kräftig, bei höchster Kalkgabe (1 %) etwas weniger entwickelt. Überall ist eine gleiche gesund grüne Farbe vorhanden, und von einer Gelbfärbung nichts wahrzunehmen.

Reihe 5 (geimpft; mit Chilesalpeter).

Bei dieser Reihe ist dagegen wieder eine starke Schädigung eingetreten, allerdings nicht so intensiv wie in den ersten beiden Reihen ohne Impfung. Doch ist hier die Entwicklung der Gefäße ohne Kalkzusatz schon erheblich geringer wie in der entsprechenden vorigen Reihe. Die Farbe der Pflanzen ist gesund grün, und eine normale Blütenbildung vorhanden. Die Pflanzen mit mittlerer Kalkgabe (0,5 %) sind geringer als die vorigen, ihre Entwicklung ist aber doch noch verhältnismäßig kräftig, ihre Farbe ebenfalls grün, Blütenbildung ist vorhanden. Die Gefäße mit hoher Kalkgabe (1 %) sind stärker zurückgeblieben, aber doch immer noch besser entwickelt als die entsprechenden Gefäße der

Reihen 1 (ungeimpft; mit Chilesalpeter) und 2 (ungeimpft; mit schwefelsaurem Ammoniak). Die Farbe der Pflanzen ist mehr blaßgrün, teilweise gelblich; auch sind einige Pflanzen noch zur Blüte gelangt.

Ernte des Versuches.

Mit diesem Stande der Entwicklung wurde der Versuch abgeschlossen, und seine Ernte am 14. August vorgenommen. Wie bei dem Hauptversuch wurde zunächst die oberirdische Substanz geerntet und für die spätere Weiterverarbeitung getrocknet. Die Wurzeln wurden vorsichtig ausgespült und einer eingehenden Untersuchung auf Knöllchenbildung unterzogen, deren Resultate[1]) zunächst eingehender behandelt werden sollen.

Untersuchung der Wurzeln.

Selbstverständlich war in den Reihen, die ungeimpft geblieben, eine Knöllchenbildung nicht eingetreten. Dagegen hatte in den beiden geimpften Reihen die Impfung ihre Wirkung nicht verfehlt, und konnte hier teilweise eine recht starke Knöllchenbildung festgestellt werden.

Besonders kräftig zeigt sich diese in Reihe 4 (ohne Stickstoff), wo auch die üppigste Entwicklung der Pflanzen zu verzeichnen ist. Hier besitzen bei den Gefäßen ohne Kalkzusatz alle Pflanzen an dem oberen Teile ihrer Hauptwurzel eine große Anzahl stark ausgebildeter Knöllchen, die dicht aneinander liegend, sich zu Kolonien bis zu 4 cm Länge und 1—2 cm Durchmesser vereinigen. Daneben finden sich noch eine Reihe einzelnsitzender Knöllchen an den unteren Teilen der Hauptwurzel und an den Seitenwurzeln. In der Hauptsache sind die Knöllchen am oberen Teile der Hauptwurzel angesetzt.

Bei den Gefäßen mit mittlerer Kalkgabe ist ebenfalls eine recht ausgedehnte Knöllchenbildung eingetreten, doch befinden sich die Knöllchen hier nur etwa bei der Hälfte der Pflanzen an dem

1) Vgl. auch die phot. Aufnahmen, Tafel 10.

oberen Teile der Hauptwurzeln und liegen hier auch nicht in so engen Gruppen zusammen, wie bei den Gefäßen ohne Kalk. Vielmehr sitzen sie teilweise in tieferen Regionen der Haupt- und Nebenwurzeln und zwar dort meist einzeln. Bei einigen Pflanzen finden sie sich überhaupt nur in den unteren Regionen.

Bei hohem Kalkgehalt des Bodens (1 %) tritt dies noch deutlicher in Erscheinung. Auch sind hier die Knöllchen im ganzen schwächer ausgebildet. Nur wenige Pflanzen besitzen an dem oberen Teil der Hauptwurzeln Kolonien von Knöllchen, die außerdem längst nicht so umfangreich sind. Bei den meisten Pflanzen sitzen die Knöllchen mehr einzeln in den unteren Regionen der Haupt- und Nebenwurzeln.

Trotz gleicher Impfung zeigt Reihe 5 (mit Chilesalpeter) gegen letztere im ganzen einen erheblich geringeren Knöllchenansatz. Selbst bei den Gefäßen ohne Kalk finden sich die Knöllchen nur etwa bei der Hälfte der Pflanzen an dem oberen Teile der Hauptwurzel und hier nur in geringeren Gruppen. Bei den übrigen Pflanzen sitzen sie meist einzeln an dem unteren Teile der Hauptwurzel oder nur an den Nebenwurzeln.

Bei 0,5 % Kalkgehalt des Bodens ist die ganze Entwicklung der Knöllchen deutlich sichtbar viel schwächer. Nur bei wenigen Pflanzen sind am oberen Teil der Hauptwurzel solche vorhanden, bei den meisten sitzen sie sehr vereinzelt größtenteils an den Nebenwurzeln. Einige Pflanzen zeigen gar keine Knöllchenbildung.

Bei hoher Kalkgabe (1 %) ist der Ansatz und die Ausbildung der Knöllchen noch schwächer. Nur bei wenigen Pflanzen finden sich hier einzeln sitzende kleine Knöllchen am oberen Teil der Hauptwurzeln, sonst solche nur an den Nebenwurzeln in recht schwacher Ausbildung. Bei etwa der Hälfte der Pflanzen ist eine Knöllchenbildung überhaupt nicht wahrzunehmen.

Vorliegende Ergebnisse bestätigen die Erscheinungen, welche schon beim Hauptversuch beobachtet wurden, vollständig. Ebenso wie dort, ist auch hier in beiden geimpften Reihen mit steigendem Kalkgehalt des Bodens eine deutliche Abnahme der Knöllchenbildung festzustellen. Auffallend ist nur, daß in Reihe 5

(mit Chilesalpeter) die Knöllchenbildung im ganzen eine viel schwächere ist wie in Reihe 4 (ohne Stickstoff). Es dürfte diese Erscheinung lediglich auf die starke Stickstoffdüngung zurückzuführen sein, die einen ungünstigen Einfluß auch noch in anderer Weise geltend gemacht hat, worauf an späterer Stelle zurückzukommen sein wird.

Uns kommt es zunächst lediglich nur darauf an, für die Abnahme der Knöllchenbildung mit steigendem Kalkgehalt des Bodens eine Erklärung zu finden. Und glaubt Verfasser auf Grund seiner Beobachtungen im folgenden eine solche geben zu können.

Alle die über diese Erscheinung bisher gemachten Beobachtungen deuten darauf hin, daß wir ihre Ursache in einer durch den Kalk bewirkten Störung des Bakterienlebens zu suchen haben. So liegt einerseits die Vermutung nahe, daß die Knöllchenbakterien durch die kalkhaltige Bodenlösung in ihrer Entwicklung behindert, vielleicht sogar getötet werden, bevor sie überhaupt in der Lage sind, eine Infektion der Lupinenwurzel hervorzurufen. Hierdurch würde naturgemäß eine Knöllchenbildung nicht eintreten können, und damit das teilweise gänzliche Fehlen der Knöllchen bei hohem Kalkgehalt des Bodens eine sehr einfache Erklärung finden.

Es ist jedoch verschiedentlich die Beobachtung gemacht worden, daß häufig trotz des hohen Kalkgehaltes des Bodens noch eine Knöllchenbildung eingetreten war, und daß sich die hier gebildeten Knöllchen stets vereinzelt an der Spitze der Hauptwurzel oder nur an den Seitenwurzeln fanden, während sie bei den auf kalkfreiem Boden gewachsenen Pflanzen stets dicht gedrängt an dem oberen Teile der Hauptwurzel saßen. Diese auffällige Erscheinung kann ebenfalls nur darauf hindeuten, daß die Bakterien durch den hohen Kalkgehalt des Bodens ungünstig beeinflußt, vielleicht in ihrer Entwicklung nur geschwächt sind. Infolgedessen waren sie anfangs nicht imstande, sogleich eine Infektion der noch jungen Hauptwurzel hervorzurufen, haben sich aber allmählich den durch den hohen Kalkgehalt des Bodens bedingten ungünstigen Lebensverhältnissen angepaßt und sind

deshalb erst verhältnismäßig spät zur Wirkung gelangt. Da die Knöllchenbakterien bekanntlich nur an den jüngsten Teilen der Wurzeln eine Infektion hervorzurufen vermögen, letztere aber in der Zwischenzeit, in welcher die Bakterien gelähmt waren, sich weiter entwickelt haben, so ist es sehr wohl erklärlich, daß die Bakterien jetzt nur an der Spitze der Hauptwurzel oder der Nebenwurzeln eine Infektion und damit eine Knöllchenbildung haben hervorrufen können.

Gerade diese deutlich beobachtete Erscheinung dürfte meines Erachtens einen klaren Beweis dafür liefern, daß die Knöllchenbakterien durch hohen Kalkgehalt des Bodens in ihrer Entwicklung ungünstig beeinflußt werden und infolgedessen in der Ausübung der ihnen obliegenden Funktionen beeinträchtigt sind.

Neben dieser Erklärung ist jedoch anderseits in Betracht zu ziehen, daß die Pflanzen selbst durch den hohen Kalkgehalt des Bodens in ihrer Entwicklung stark beeinträchtigt und zum Teil in hohem Maße geschädigt sind. Diese Schädigung muß, wie aus den Untersuchungen der Ernte des Hauptversuches abzuleiten ist, wohl auf eine übergroße Kalkaufnahme und eine durch diese beeinträchtigte Aufnahme der übrigen für eine normale Entwicklung der Pflanze erforderlichen Nährstoffe zurückgeführt werden. Die stoffliche Zusammensetzung der auf kalkhaltigem Boden gewachsenen Pflanzen ist demnach gegenüber den auf kalkfreiem Boden gewachsenen anormal. Nehmen wir nun im Gegensatz zu der früher ausgesprochenen Vermutung an, daß die Knöllchenbakterien durch den höheren Kalkgehalt des Bodens noch nicht beeinträchtigt worden sind, sondern eine Infektion der Lupinenwurzeln hervorgerufen haben, so würden sie hier nicht den für eine günstige Weiterentwicklung ihrerseits erforderlichen Nährboden vorfinden und infolgedessen in der Entfaltung ihrer Tätigkeit gestört, wenn nicht gänzlich behindert sein. Auch in diesem Falle würde eine Knöllchenbildung nicht stattfinden können. Es hätte somit eine Schädigung der Bakterien erst innerhalb der Pflanze stattgefunden, und würde dieser Vorgang eine Folgeerscheinung der direkten Schädigung der Pflanze durch den Kalk darstellen.

Welche dieser beiden im Vorhergehenden gegebenen Erklärungen nun als die richtige anzusprechen ist, oder ob beide ihre Berechtigung haben, läßt sich aus vorliegendem Versuch nicht entscheiden. Verfaßer neigt auf Grund aller bei seinen Versuchen gemachten Beobachtungen der Ansicht zu, daß schon außerhalb der Pflanze durch den hohen Kalkgehalt des Bodens die Bakterien in ihrer Entwicklung ungünstig beeinflußt werden, wodurch ihr Verhältnis zur Pflanze von vornherein geändert ist.[1]) Es dürfte jedoch eine lohnende Aufgabe bilden, diese Fragen durch geeignetere Versuche weiter nachzuprüfen, um festzustellen, ob eine Schädigung der Knöllchenbakterien schon durch den hohen Kalkgehalt des Bodens oder erst durch die ungünstigen Lebensbedingungen in der Pflanze verursacht wird.

Uns kommt es hier lediglich nur darauf an, nachweisen zu können, daß die verminderte Knöllchenbildung bei hohem Kalkgehalt des Bodens zweifellos auf eine Schädigung der Knöllchenbakterien durch den Kalk zurückzuführen ist. Ob diese Schädigung direkt oder indirekt erfolgt, bleibt für die Beantwortung der Frage ohne besondere Bedeutung.

Es fragt sich nun weiter, ob diese Erscheinungen einen nachteiligen Einfluß auf die ganze Entwicklung der Pflanzen zur Folge gehabt haben.

Diese Frage hat in dem **eben besprochenen zweiten Versuch** ihre Beantwortung leider nicht gefunden. Wider Erwarten haben hier einige andere Faktoren ihren störenden Einfluß so stark geltend gemacht, daß die Resultate des Versuches zur Klärung dieser Frage nicht zu verwenden sind. Auf die Ursache dieser störenden Erscheinung soll an späterer Stelle näher eingegangen werden.

Wir sind jedoch auf Grund einer Erscheinung bei dem **Hauptversuch** in der Lage, eine sichere und zwar bejahende Antwort auf die obige Frage geben zu können. Es zeigte sich

---

1) Nachträglich sei hierzu bemerkt, daß diese Vermutung noch während der Drucklegung der Arbeit durch v. Seelhorst auf Grund weiterer eingehender Versuche ihre volle Bestätigung gefunden hat.

in einigen Reihen bei den Gefäßen mit hohem Kalkgehalt, daß nicht sämtliche Pflanzen geschädigt, vielmehr einzelne besonders üppig entwickelt waren. Auf die Ursache dieser Erscheinung ist schon bei Besprechung der Ernteresultate des Hauptversuches hingewiesen worden. Die bessere Entwicklung der Pflanzen war stets auf den Eintritt einer Knöllchenbildung zurückzuführen, die bei den anderen geschädigten Pflanzen nicht stattgefunden hatte. Wir müssen demnach annehmen, daß diese vereinzelt aufgetretene Knöllchenbildung dadurch entstanden ist, daß einzelne Bakterien sich den durch den Kalk verursachten ungünstigen Verhältnissen angepaßt haben und zur Wirkung zu gelangen vermochten, während die übrigen zugrunde gegangen sind und eine Knöllchenbildung nicht haben hervorrufen können. Die infolge der nichteingetretenen Knöllchenbildung schlechter entwickelten Pflanzen zeigen aber deutlich, daß der ungünstige Einfluß des Kalkes auf die Knöllchenbakterien sich indirekt auch auf die Entwicklung der Pflanzen erstreckt hat. Wären die Bakterien in ihrer Funktion nicht behindert worden und hätten sie zur Wirkung gelangen können, so wäre eine bessere Entwicklung der Pflanzen die Folge gewesen.

Hieraus geht deutlich hervor, daß der Kalk auch auf diesem indirekten Wege einen ungünstigen Einfluß auf die Entwicklung der Lupine auszuüben vermocht hat, welche Tatsache bei der Behandlung der Frage ihrer Kalkempfindlichkeit nicht außer Acht zu lassen ist.

Bevor wir jedoch die Besprechung dieses zweiten Versuches abschliessen können, ist es erforderlich, noch die Erscheinungen einer kurzen Erörterung zu unterziehen, welche das Resultat in so auffallend ungünstiger Weise beeinflußt haben.

Aus den Vegetationsbeobachtungen und den Ernteresultaten, die in umstehender Tabelle wiedergegeben sind, geht hervor, daß durch die Düngung mit Stickstoff in allen Reihen ein ungünstiger Einfluß auf die Entwicklung der Pflanzen ausgeübt

Erntetabelle.

Gefäß Nr.	Kalkgabe		Stärke und Art d. Stickstoffdüng.	Ernte (trocken) Mittel gr.	Stickstoffgehalt		Kalkgehalt	
	%	gr.			%	gr.	%	gr.
			Ungeimpft					
501/02	—	—	1 gr. N	37,0	1,51	0,56	0,84	0,31
503/04	0,5	70	i. Form v.	8,7	3,24	0,28	1,59	0,14
505/06	1,0	140	Chilisalptr.	6,0	3,12	0,19	2,04	0,12
507/08	—	—	1 gr. N	14,8	—	—	0,97	0,14
509/10	0,5	70	i. Form v.	5,9	—	—	2,65	0 16
511/12	1,0	140	schw.Am.	3.2	—	—	3,20	0,10
			Geimpft					
519/20	—	—		49,4	2,96	1,46	1,28	0,63
521/22	0,5	70	ohne N	44,8	2,38	1,07	2,17	0,97
523/24	1,0	140		36,6	2,17	0,79	2.40	0,88
525/26	—	—	1 gr. N	33,8	2,79	0,94	0,86	0,29
527/28	0,5	70	i. Form v.	22,8	2,60	0,59	1,82	0.42
529/30	1,0	140	Chilisalptr.	10,7	3,11	0,33	2,19	0,23

worden ist, und zwar zeigt es sich, daß die Stickstoffdüngung schon allein, ohne Gegenwart des Kalkes, einen Einfluß in dieser Beziehung gehabt hat. In allen Reihen war bei den entsprechenden Gefäßen ohne Kalkzusatz die Ernte schlecht, teilweise war sogar eine Schädigung der Pflanzen zu erkennen, besonders deutlich in der mit schwefelsaurem Ammoniak gedüngten Reihe. Neben einem höheren Kalkgehalt des Bodens haben sich diese ungünstigen Erscheinungen noch deutlicher ausgeprägt und in den meisten Fällen zu einer vollständigen Schädigung der Pflanzen geführt.

Man konnte demnach schon auf Grund dieser äußeren Erscheinungen annehmen, daß die Stickstoffdüngung den Pflanzen einen Ersatz für die infolge der unterbliebenen Impfung fehlende natürliche Stickstoffquelle nicht zu bieten vermocht hat. Es bestätigen dies die auf den Stickstoffgehalt der Pflanzen vorgenommenen Ernteuntersuchungen, deren Resultate in obiger Tabelle neben den Erntezahlen angeführt sind.

In der ungeimpften Reihe mit Salpeterdüngung ist bei den Gefäßen ohne Kalk im Gegensatz zu der geimpften Reihe ohne Stickstoffdüngung der relative Stickstoffgehalt der Pflanzen ein wesentlich geringer. Bei den höheren Kalkgaben ist der relative Stickstoffgehalt naturgemäß infolge der stark verminderten Ernte entsprechend höher. Leider konnte bei der mit schwefelsaurem Ammoniak gedüngten Reihe infolge der geringen Ernte eine Bestimmung ihres Stickstoffgehaltes nicht vorgenommen werden. Doch dürfte eine solche, den äußeren Erscheinungen nach zu urteilen, die Resultate der mit Salpeter gedüngten Reihe nur bestätigt haben.

Auch neben gleichzeitiger Impfung scheint die Stickstoffdüngung auf die Wirkung der ersteren einen ungünstigen Einfluß ausgeübt zu haben. Die Entwicklung der Pflanzen ist durch die Stickstoffdüngung in allen Fällen stark beeinträchtigt. Die Untersuchung der Wurzeln dieser Pflanzen hat schon gezeigt, daß die Knöllchenbildung in dieser Reihe gegenüber der Reihe ohne Stickstoffdüngung erheblich geringer war.

Dies ist zweifellos auf einen ungünstigen Einfluß der Stickstoffdüngung zurückzuführen. Der Stickstoffgehalt der Ernte zeigt

hier infolgedessen ebenfalls eine deutliche Verminderung. In welcher Weise die Stickstoffdüngung schädlich gewirkt hat, ob durch die Verbindungsformen in welcher der Stickstoff gegeben war, also als Salpetersäure oder Ammoniak, oder durch das Natrium des Chilisalpeters resp. die Schwefelsäure des Amoniaks, läßt sich aus den Versuchen nicht ableiten. Es bleibt deshalb in dem folgenden unerörtert.

Da die Stickstoffdüngung schon allein ohne Kalkzusatz zum Boden einen ungünstigen Einfluß auf die Ernte der Pflanzen ausgeübt hat, war anzunehmen, daß sie in Verbindung mit Kalk in hohem Maße schädlich wirken würde. Dies ist wie die Erntetabelle zeigt stets, besonders aber bei den ungeimpften Kulturen der Fall gewesen.

Auffällig ist, daß der relative Kalkgehalt der Ernte der kalkfreien Gefäße, welche mit Stickstoff gedüngt waren, wesentlich geringer gewesen ist als der ohne Stickstoffdüngung gewachsenen Pflanzen. Eine Erklärung dafür fehlt mir.

Worauf die durch die Stickstoffdüngung hervorgerufenen ungünstigen Erscheinungen zurückzuführen sind, hat sich also nicht einwandfrei feststellen lassen. Die hierüber gemachten Beobachtungen dürften deshalb lediglich diejenigen Pfeiffers bestätigen, der in seinen Versuchen bei Anwendung sowohl von Ammoniumsulfat wie Natriumnitrat ebenfalls einen ungünstigen Einfluß dieser beiden Salze auf die Lupine festgestellt hat. Es würde deshalb eine lohnende Aufgabe bilden können, durch geeignetere und umfangreichere Versuche einer eingehenden Prüfung dieser Erscheinungen näherzutreten, da diese Momente, was die Ergebnisse vorliegender Versuche gezeigt haben, in der Frage nach den Gründen der Kalkempfindlichkeit der Lupine zweifellos eine nicht zu unterschätzende Rolle spielen.

Wir stehen nunmehr am Ende unserer Betrachtungen. Fassen wir an dieser Stelle alle Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen noch einmal kurz zusammen und ziehen die hieraus zu folgernden Schlüsse, so glauben wir einwandfrei sagen zu können:

Die Kalkempfindlichkeit der Lupine beruht auf einer spezifischen Abneigung der Pflanze gegen Kalk und nicht auf einer allgemeinen Alkaliempfindlichkeit. Es hat sich vielmehr bei unseren Versuchen gezeigt, daß die Entwicklung der Lupinen durch die angewandte alkalische Düngung eher günstig beeinflußt wird im Gegensatz zu der verwendeten sauren Düngung, welche auf ihre Entwicklun in hohem Maße geschädigend gewirkt hat. Der Grund dieser spezifischen Kalkempfindlichkeit ist zweifellos, so auffallend dies erscheinen mag, in einem starken Lösungs- und Aufnahmevermögen der Pflanze gerade für den Kalk zu suchen. Ist die Lupine infolge vorhandener hoher Kalkmengen im Boden in die Lage versetzt, von dieser Eigenschaft Gebrauch zu machen, so findet eine starke Kalkaufnahme statt. Durch diese wird aber die Aufnahme der übrigen für ihre Entwicklung notwendigen Nährstoffe eingeschränkt. Sei es nun, daß schon allein die übermäßige Kalkaufnahme eine Störung in der Entwicklung der Pflanzen hervorruft, oder der Mangel an anderen Nährstoffen eine solche zur Folge hat. Jedenfalls ist der Kalk als Urheber der ungünstigen Erscheinungen anzusehen.

Es hat sich nun weiter gezeigt, daß wir durch Zuführung des kohlensauren und des Chlorkaliums, in der Lage waren diese einseitige Kalkaufnahme einzuschränken und damit die durch den Kalk hervorgerufenen Schädigen in gewissem Grade zu mildern. Welche Bedeutung diese einwandfrei festgestellte Tatsache für die Praxis hat, braucht wohl nicht weiter erörtert zu werden.

Unsere Untersuchungen haben ferner ergeben, daß die Lupinenpflanze nicht nur selbst durch den Kalk ungünstig beeinflußt wird, sondern auch ihre Knöllchenerreger unter seinem Einfluß zu leiden haben und infolgedessen nicht zur Wirkung gelangen können, wodurch eine weitere Schädigung der Pflanze auf indirektem Wege hervorgerufen wird.

Daß mit diesen vorliegenden Erörterungen die ganze Frage der Kalkempfindlichkeit der Lupine noch keinen vollständigen Abschluß gefunden haben dürfte, ist selbstverständlich. Unsere Untersuchungen sollten lediglich dazu dienen, zu ihrer weiteren Klärung beizutragen.

Lebenslauf.

Als ältester Sohn des Domänenpächters Bodo Creydt und seiner verstorbenen Ehefrau Elise, geb. Hartwig, wurde ich, Bodo, Ludwig, Wilhelm Creydt, am 16. April 1886 in Harste bei Göttingen geboren.

Meine erste Schulbildung erhielt ich zum Teil in der Dorfschule, zum Teil privatim bei dem Pastor meines Heimatortes. Von meinem 9. Jahre ab besuchte ich das Gymnasium zu Göttingen, welches ich Ostern 1906 mit dem Zeugnis der Reife verließ, um mich dem landwirtschaftlichen Berufe zu widmen.

Zunächst war ich bis Herbst 1907 als Eleve bei Herrn Ökonomierat Remme auf Rittergut Bredenbeck bei Hannover tätig. Sodann bezog ich im W.-S. 1907/08 die Universität München, mußte jedoch mein Studium im Sommer 1908 unterbrechen, um meinen erkrankten Vater zu vertreten. Im W.-S. 1908/09 und S.-S. 1909 studierte ich weiter in Göttingen und ging im W.-S. 1909/10 wieder nach München.

Darauf wandte ich mich wieder der Praxis zu und war im Sommer 1910 als Saatzuchtassistent in der Saatzuchtwirtschaft von Herrn Domänenrat Meyer Friedrichswerth (Thüringen) und im Winter 1910/11 bis 1911 als Oberverwalter bei Herrn Amtsrat Volger auf Domäne Schäferhof bei Nienburg (Weser) tätig.

Im Winter 1911/12 bezog ich die Universität Halle, um mich auf dem Gebiete der Pflanzenzucht weiter auszubilden und kehrte im Sommer darauf wieder nach Göttingen zurück, um hier meine Studien zum Abschluß zu bringen.

Meine akademischen Lehrer waren:

in Göttingen: Berthold, Ehrenberg, Esser, Frölich, Koch, Lehmann, von Seelhorst, Tollens, Wiegner.

in München: Giesenhagen, Hiltner, Kraus, Muthmann, Öbbecke, Pott, Schnieder, von Soxhlet.

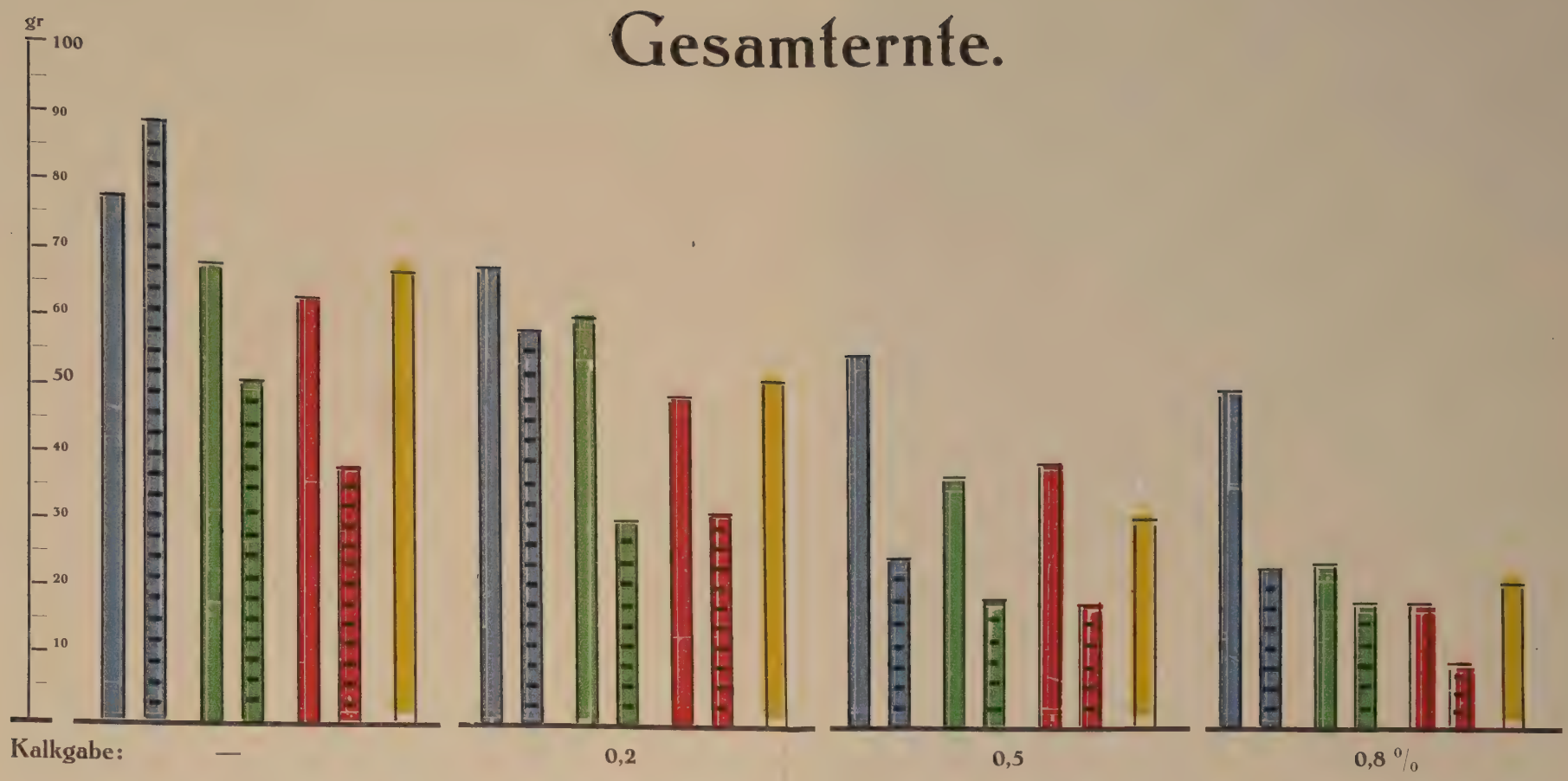
in Halle: Holdefleiss, Schneidewind, Wohltmann.

Allen meinen verehrten Lehrern möchte ich an dieser Stelle meinen ergebensten Dank aussprechen, ebenso Herrn Dr. W. Simmermacher für seine mir bei der Anstellung des Versuches wie bei Ausführung der Analysen erzeigte hülfreiche Unterstützung.

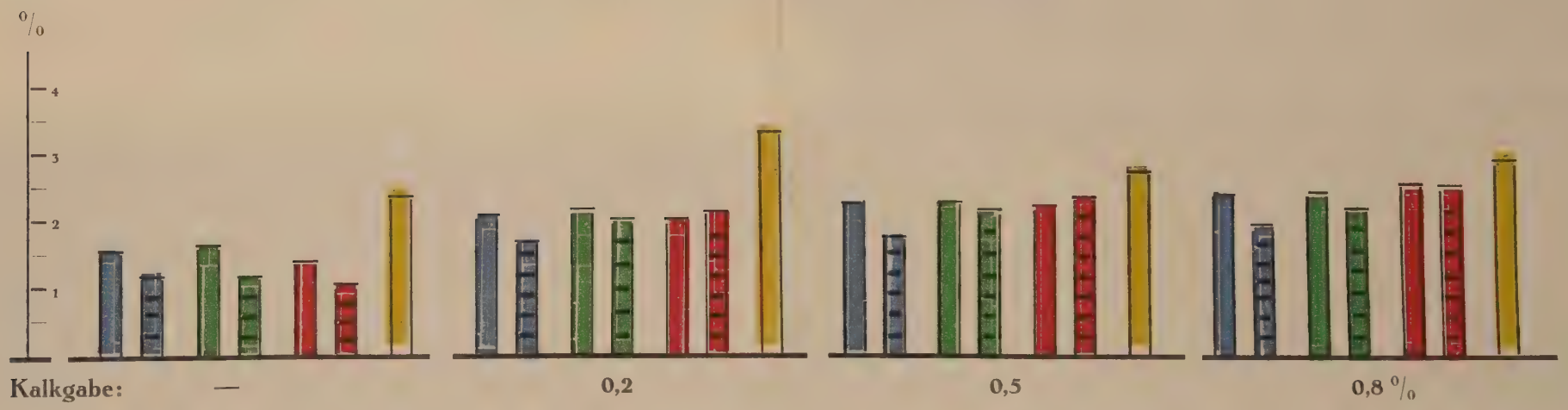
Zu ganz besonderem Dank bin ich Herrn Geh. Reg.-Rat, Prof. Dr. C. v. Seelhorst verpflichtet, auf dessen Anregung hin diese Arbeit ausgeführt wurde, und der mir bei Anfertigung derselben mit seinen wohlwollenden Rat stets bereitwilligst zur Seite gestanden hat.

Sandversuch.

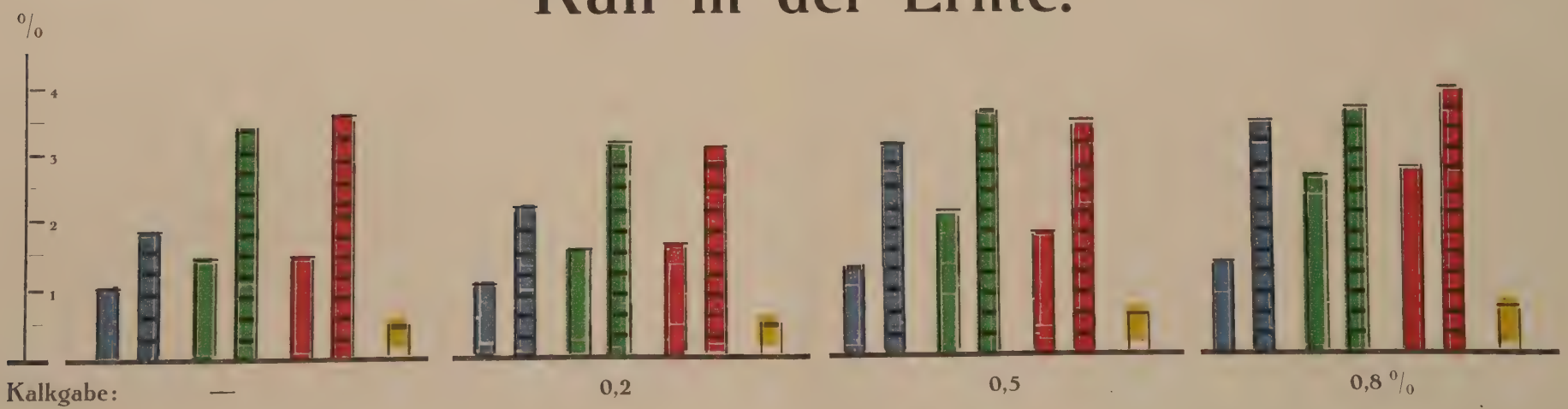
Gesamternte.

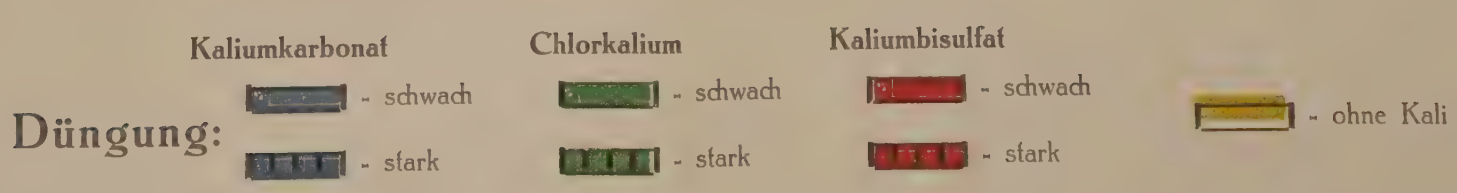


Kalk in der Ernte.



Kali in der Ernte.





Sand.

Kalkgabe: — 0,2 0,5 0,8 % — 0,2 0,5 0,8 % — 0,2 0,5 0,8 %

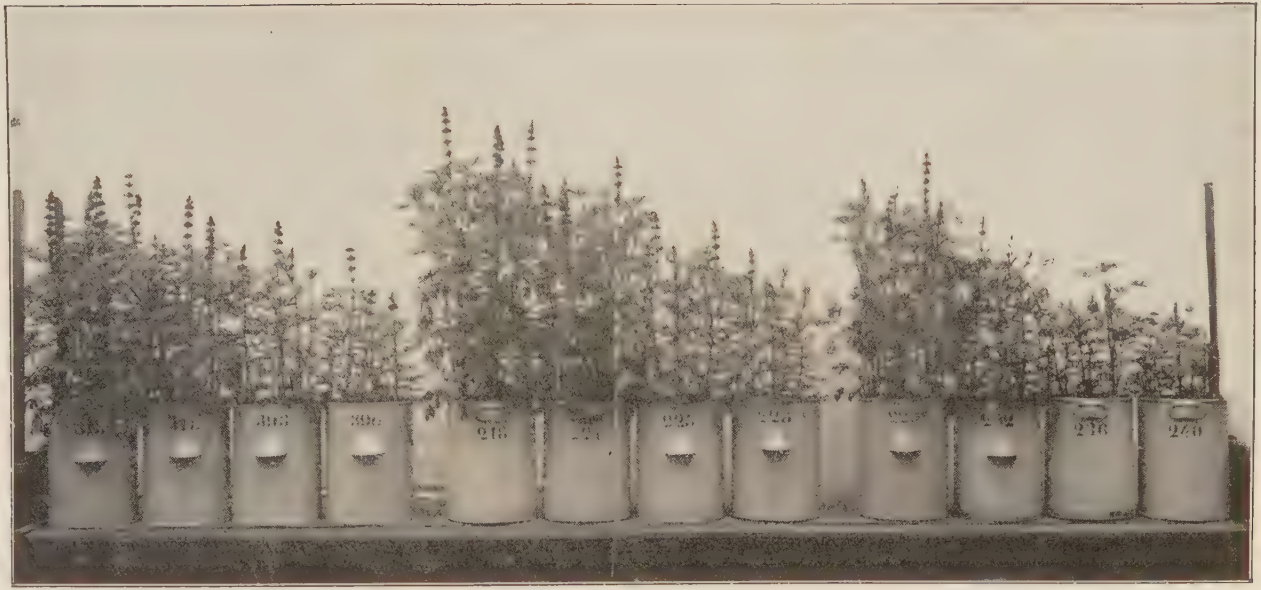
Ohne Kali — schwach Kaliumkarbonat — stark

Sand.

Kalkgabe: — 0,2 0,5 0,8 % — 0,2 0,5 0,8 % — 0,2 0,5 0,8 %

Ohne Kali — schwach Kaliumbisufat — stark

Sand.

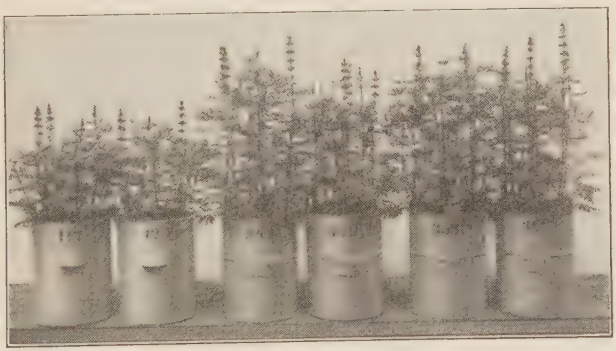


Kalkgabe: — 0,2 0,5 0,8 % — 0,2 0,5 0,8 % — 0,2 0,5 0,8 %

Ohne Kali — schwach Chlorkalium — stark

Lehm.

Kalkgehalt: 1,25 3,0 % 1,25 3,0 % 1,25 3,0 %
Ohne Kali schwach Kaliumkarbonat stark



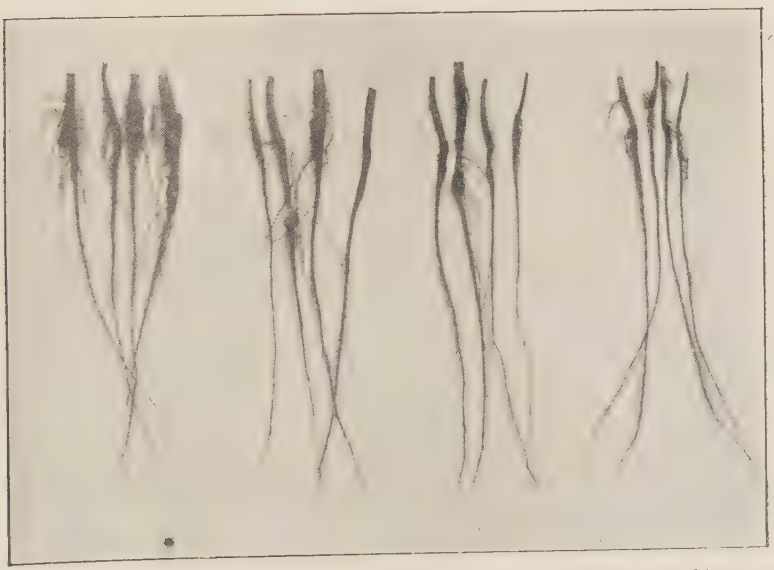
Kalkgehalt: 1,25 3,0 % 1,25 3,0 % 1,25 3,0 %
Ohne Kali schwach Kaliumbisulfat stark

Kalkgehalt: 1,25 3,0 % 1,25 3,0 % 1,25 3,0 %
Ohne Kali schwach Chlorkalium stark

Kaliumbisulfat (schwach)

Kalkgabe: — 0,2 0,5 0,8 %

Kaliumbisulfat (stark)

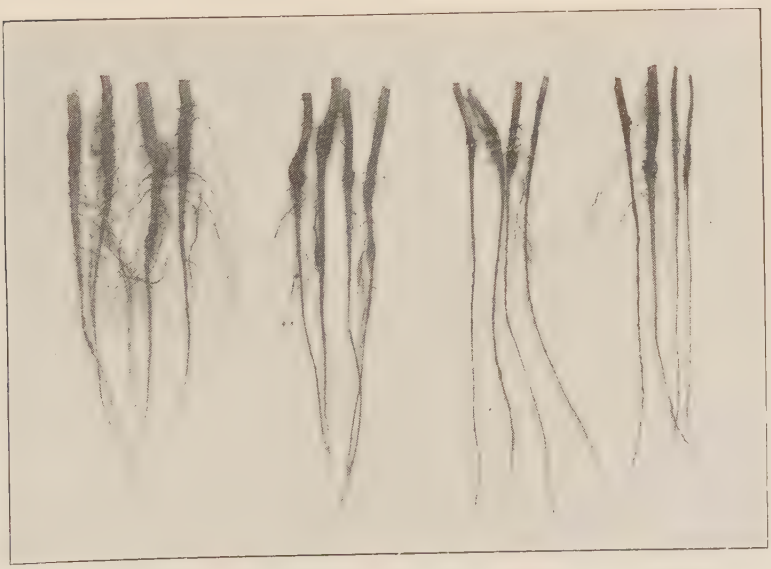


Kalkgabe: — 0,2 0,8 0,5 %

Kaliumkarbonat (schwach)

Kalkgabe: — 0,2 0,5 0,8 %

Kaliumkarbonat (stark)



Kalkgabe: — 0,2 0,5 0,8 %

Chlorkalium (schwach)

Kalkgabe: — 0,2 0,5 0,8 %

Chlorkalium (stark)

Kalkgabe: — 0,2 0,5 0,8 %

Ohne Kali

Kalkgabe: — 0,2 0,5 0,8 %

Kalkgabe: — 0,5 1,0 % — 0,5 1,0 % — 0,5 1,0 %

Ungeimpft — Geimpft

Düngung: 1 gr. N (Chilesalpeter). Ohne Stickstoff. 1 gr. N (Chilesalpeter).

Ohne Stickstoff

Kalkgabe: — 0,5 1,0 %

1 gr. N. (Chilesalpeter)

Kalkgabe: — 0,5 1,0 %